Naturgeschichte

der

drei Reiche.

Zur

allgemeinen Belehrung

bearbeitet

von

G. W. Bischoff, J. K. Blum, H. G. Bronn, K. C. v. Leonhard,
F. S. Leuckart und F. S. Voigt.

Mit Abbildungen.

Fünften Bandes

Erster Theil.

Allgemeine Botanik.

II.

Stuttgart.
E. Schweizerbart's Verlagshandlung.
1836.

QK 45
.B5
v.2
pt.1
5162

Lehrbuch

der

Botanik

von

Dr. Gottl. Wilhelm Bischoff,

Professor der Botanik an der Universität zu Heidelberg, der Kaiserl. Leop. Karol. Akad. der Naturforscher, der K. botan. Gesellsch. in Regensburg, der Heidelberger Gesellschaft für Naturwiss. u. Heilkunde, der Erlanger physik. medicin. Gesellschaft, der Freiburger Gesellsch. für Beförder. der Naturwissenschaften, der rheinischen, der Senkenbergischen, der Mannheimer, der Strasburger naturforschenden Gesellschaft, der medicinisch-botanischen Gesellschaft in London, des Apotheker-Vereins im nördlichen Deutschland und des landwirthschaftlichen Vereins in Baden Mitgliede.

Zweiten Bandes

Erster Theil.

Allgemeine Botanik.

II.

Stuttgart.

E. Schweizerbart's Verlagshandlung.

1836.

MISSOURI
BOTANICAL
GARDEN.

Allgemeine Botanik.

Zweite Abtheilung.

Zweites Kapitel.

Von der inneren Bildung oder dem anatomischen Bau der Pflanzen und ihrer Theile:

Phytotomie.

Erster Abschnitt.

Von dem inneren Bau der Elementarorgane.

§. 97.

Die Elementarorgane zeigen uns keine weitere Zusammensetzung aus einfacheren Organen. Die Zellenmembran und die Gefäßfaser erscheinen in dieser Beziehung einfach; sie bestehen nur aus einer Vereinigung von Massentheilchen, welche, da sie durch die Wirkung der Lebensthätigkeit zur Bildung der Elementarorgane zusammentreten, organische Bestandtheile genannt werden können. Von diesen unterscheiden sich die chemischen Bestandtheile dadurch, daß sie, aus dem Nahrungssafte der Pflanze abgeschieden, nicht unmittelbar in die Bildung der Membranen und Fasern eingehen, sondern sich mehr nach den Gesetzen der Attraction und chemischen Verwandtschaft zu Stoffen vereinigen, welche wir in und zwischen den Elementarorganen abgelagert finden. Es stellen demungeachtet die chemischen die Grundlage der organischen Bestandtheile dar, indem diese durch den Lebensprozeß der Pflanze nur aus jenen gebildet werden.

Zweiter Abschnitt.

Von dem innern Bau der zusammengesezten Organe.

Erster Artikel.

Von dem innern Bau der Zellenpflanzen.

§. 98.

Es ist schon früher (§. 1 u. 17) gesagt worden, daß es viele Pflanzen giebt, welche nur aus Zellen gebildet werden; wir haben sogar gesehen, daß die einfachsten Gewächse nur aus einer einzigen oder aus wenigen reihenweise verbundenen Zellen bestehen (§. 2 u. 3). Von diesen einfachen Bildungen, welche unter den Gallert-, Theil- und Fadenalgen, so wie unter den Fadenpilzen vorkommen, und die wir großentheils beim Fadenstamm als Pilz- und Algenfaden (§. 43) bereits kennen lernten, ist im Stamm und Lager mehrerer Blüthalgen (der Hutchinsien, Fig. 446) und der Hautalgen (Ulven, Zonarien, Fig. 230 * und **), durch seitliche Aneinanderreihung der Zellen, der Uebergang zu dem mehr zusammengesezten Bau des Lagers der übrigen Blüthalgen, der Tangalgen, Flechten und höheren Pilze gegeben. So lange die Zellen nur zu einfachen Reihen verbunden oder diese zu einfachen Schichten neben einander gelagert vorkommen, wie bei den zuvor genannten bis zu den Hautalgen, kann eigentlich von einem innern Bau der Pflanze keine Rede seyn, da alle Elementarorgane derselben zugleich an ihrer Oberfläche liegen und daher von Außen erkannt werden. Wenn aber einmal ein Zusammentreten von allseitig sich berührenden Zellen zu einem wirklichen Zellgewebe (§. 5) stattfindet, wie bei den oben zulezt erwähnten Zellenpflanzen, so sind die Elementarorgane meist nicht mehr so deutlich im Aeußern zu erkennen, und wir müssen, um die Art und Weise, wie die Elementarorgane hier vereinigt sind, d. h. um den innern Bau dieser Pflanzen zu erforschen, dieselben vermittelst des Messers in Schichten zerlegen, welche, ohne daß jene Verbindungsweise zerstört werde, eine hinlängliche Durchsichtigkeit besitzen, um uns

unter dem Mikroskope die Lage und die übrigen Verhältnisse aller Elemantarorgane und dadurch die ganze Textur des Gewächses erkennen zu lassen *).

Auf diese Weise und wenn die Durchschnitte nach verschiedenen Richtungen (nach dem Längen- und Querdurchmesser) geführt worden, erkennen wir in den aus reinem Zellgewebe bestehenden Pflanzen der oben genannten Familien zwar eine bedeutende Mannigfaltigkeit in Gestalt und Verbindungsweise der Zellen; sie stimmen aber doch im Allgemeinen untereinander darin überein, daß sie im Innern aus größern, meist mehr gestreckten und lockerer verbundenen Zellen bestehen (Fig. 431, a. Fig. 432, a. Fig. 433, a), welche sich in vielen Fällen, namentlich in manchen Theilen, gleich einem Filzgewebe durchkreuzen, wie wir dies im Hute der Schlauchhautpilze (Fig. 22), in der Markschichte des Flechtenlagers (Fig. 428, b. Fig. 429, c), so wie in dem Lager und den Fruchtbehältern der Tange (Fig. 440, Bd) gesehen haben, während im Umfang der Pflanze die meist kleinern oder engern Zellen viel dichter gestellt und inniger verbunden sind, wodurch eine festere Oberfläche entsteht, welche wir bei den Flechten (S. 430) als Rindenschichte (Fig. 431—433, b.

---

*) Zu diesem Behufe bedarf es einiger sehr scharfen, feinen Messer, welche nach der Beschaffenheit und Größe des zu untersuchenden Pflanzentheils mit einer schmälern oder breitern Klinge versehen sind. Für weichere Theile wendet man am besten ein Messer mit dünnem Rücken an, dessen Schneide einen sanften Bogen nach Außen bildet, während bei härteren, holzigen Theilen ein Messer mit etwas dickerem Rücken, aus einem weniger harten Stahl verfertigt (um das Ausspringen der Schärfe zu verhindern) anzuwenden ist. Bei solchen Theilen endlich, die zum Zerschneiden auf eine feste Unterlage (von Holz oder Horn) gelegt werden müssen, wie manche Sporen und kleinere Samen, verdient ein Messer mit geradliniger Schneide den Vorzug. Die zur Untersuchung bestimmten dünnen Schichten müssen auf einer klaren und möglichst farblosen Glasplatte unter einen Wassertropfen gebracht werden, weil dadurch meist ihre Durchsichtigkeit vermehrt und das Eintrocknen während des Betrachtens unter dem Mikroskope verhindert wird. Oft ist es auch nöthig, den Gegenstand noch mit einer zweiten Glasplatte zu bedecken. Endlich giebt es Fälle, wo man, namentlich wenn ein Pflanzentheil zu klein ist, um ihn zerschneiden zu können, durch ein sanftes Rollen oder selbst durch ein Zerdrücken desselben zwischen zwei Glasplatten den innern Bau bloszulegen suchen muß.

Fig. 428, a c) kennen lernten und die sich auch bei den Algen und Pilzen der höhern Gruppen (Fig. 440, B e) mehr oder weniger deutlich unterscheiden läßt. Es tritt hier die erste, wenn auch noch unvollständige Trennung in Mark- und Rindenkörper auf. Wo das Lager mit einem verdickten Mittelnerven durchzogen ist, wie bei dem Blasentang (Fucus vesiculosus) und den verwandten, da zeigt dieser Nerv gleich dem Lagerstamm selbst, dessen Fortsetzung er ist, den nämlichen innern Bau wie die flächere Ausbreitung des Lagers, nur daß die Zellen mehr in der Richtung der Längenachse verlaufen und auch in der Markschichte etwas dichter gestellt sind. Die den Wurzelhaaren ähnlichen Haftfasern der Pilze und Flechten sind aus einzelnen oder zu mehreren zusammengeklebten röhrigen Zellen gebildet, welche bei den leztern aus der Rindenschichte der untern Lagerfläche entspringen, bei den erstern aber vor der Entwicklung des eigentlichen Pilzes schon vorhanden sind und das Unterlager (S. 116) bilden. Der innere Bau der Fruchttheile aller dieser Pflanzen, welcher mehr oder weniger mit dem des Stammes übereinstimmt, ist bei der Betrachtung des Fruchtbaues überhaupt (S. 430—440) schon größtentheils erklärt worden.

Vergleichen wir mit dem innern Bau dieser Pflanzen den der noch übrigen beiden Familien der Zellenpflanzen, nämlich der Moose und Lebermoose, so fällt uns sogleich der Unterschied auf, daß bei diesen die mehr regelmäßige, polyedrische Zellenform, also das vollkommene Zellgewebe (§. 7) vorherrscht, während bei jenen fast durchweg nur unvollkommenes Zellgewebe (§. 5) gefunden wird. Im Stengel der Moose (Fig. 80) und der mit gesonderten Blättern versehenen Lebermoose sehen wir die Zellen weit inniger zusammenschließend und gewöhnlich mit ihren Wänden gegenseitig verwachsen, dennoch aber im Innern wegen der größeren Zellen das Zellgewebe lockerer als im Umfange, wodurch auch hier eine undeutliche Scheidung in Mark- und Rindensubstanz gegeben ist; nur bei wenigen, wie bei den Torfmoosen (Sphagnum), ist die dunkler gefärbte Rindenlage noch mit einer einfachen oder mehrfachen, lockeren, farblosen Zellenschichte umgeben und bei diesen Moosen entsteht auch im alten Stengel durch Absterben des innersten Zellgewebes eine Höhlung in der Marksubstanz. Die Fruchtstiele der Moose be-

sitzen durchaus ein dichteres und festeres, aus gestreckten, mehr dickwandigen Zellen gebildetes Gewebe und dieses ist in der Achse gewöhnlich noch mit einem Strange engerer Zellen, wie mit einem Kern durchzogen; dennoch trennen sich auf einem dünnen Längenschnitte die Zellenreihen häufig von einander, so daß der Fruchtstiel aus lose zusammengeklebten, gegliederten Fäden zu bestehen scheint. Diese verschiedenen Zellenlagen gehen nun in der Frucht in die (S. 417) beschriebenen, verschiedenen Häute der Fruchthülle ein, von welchen nur die äußerste Schichte der Außenhaut und in vielen Fällen das Peristom eine lederartige Konsistenz, die innern Häute aber eine zärtere Textur haben, während zugleich in der ganzen Fruchthülle die Form der einzelnen Zellen weniger gestreckt ist. Unter den Lebermoosen sind dagegen sowohl die beblätterten als auch die laubstengeligen Jungermannien durch sehr zarte und vergängliche, aus durchsichtigen, dünnwandigen Zellen gebildete Fruchtstiele ausgezeichnet, welche eine gleichförmige Textur ohne dichteren Kern besitzen und sogar bei größern Arten im Innern hohl werden. Auch bei andern Lebermoosen kommt dieser zarte Bau der Fruchtstiele vor, die aber dann gewöhnlich sehr verkürzt bleiben, während sie bei den Jungermannien sich oft sehr bedeutend verlängern. In den Früchten der Riccioideen findet sich dieser zarte, rein zellige Bau auch in der Fruchthülle wieder (Fig. 307, f.), während in den derberen, lederartigen Fruchthüllen der Lebermoose, welche in Klappen oder Zähnen aufspringen, theils ein der Außenhaut der Moosfrucht ähnlicher Bau, wie bei Grimaldien und Marchantien vorkommt, theils ein Gewebe aus mehr oder weniger gestreckten Faserzellen angetroffen wird, wie bei Jungermannien, wo man dann die früher (S. 413) erwähnten Schleudern (Fig. 56 u. 57) gleichsam als die noch mehr verlängerten und unter sich frei gewordenen Faserzellen einer innern Schichte der Fruchthülle betrachten kann.

Die Blätter der Lebermoose sind alle nur aus einer einfachen Lage von seitlich verbundenen Zellen gebildet (Fig. 142, c. Fig. 143, c) und erinnern dadurch an die Bildung der Hautalgen. Bei den Moosen ist diese einfache Blattbildung zwar auch die vorherrschende, doch kommen bei ihnen zum Theil schon Blätter vor, in welchen ein Querschnitt zwei und mehrere Zellen-

lagen erkennen läßt, wie bei dem blaugrünen Zweizahn und dem weißlichen Achtzahn (Dicranum glaucum und Octoblepharum albidum) (Fig. 254, a b), und häufig sind die Moosblätter, wie schon früher (S. 141) angegeben worden, mit einem aus mehr gestreckten und zusammengedrängten Zellen gebildeten Nerven durchzogen; auch andere, mehr zusammengesezte Bildungen kommen vor, z. B. lamellenartige, schmale Längsstreifen bei Polytrichum-Arten, polsterförmig zusammengedrängte, gegliederte Zellenfäden auf der obern Blattfläche bei dem hautblättrigen Bartmoose (Barbula membranifolia), nach oben zu beiden Seiten des Mittelnerven in eine Chlorophyllkörner enthaltende Höhlung aufgetriebene Blätter, welche namentlich auf dem Querschnitte einer zweifächerigen Anthere etwas ähneln, bei dem eiblättrigen Nacktmund (Gymnostomum ovatum). Besonders merkwürdig sind noch die Blätter der Torfmoose (Fig. 55), welche ganz aus Faserzellen gebildet sind; hier kommen in jeder Zelle Ring- und Spiralfasern vor. Die Zellen der Blätter haben aber noch das Merkwürdige, daß sie an ihren Rändern, in der Nähe der grünlichen Intercellulargänge, mit runden oder ovalen Löchern versehen sind, welche bei hinreichender Vergrößerung vorzüglich leicht dann erkannt werden, wenn man die Blätter vorher eine gefärbte Flüssigkeit, z. B. Indigauflösung, einsaugen ließ. Auf einem Querschnitte des Stengels sieht man, daß jede Zelle der äußern farblosen Schichte auf ihrer Querwand ebenfalls ein solches Loch hat, und wenn man einen Theil der Zellenschichte ablöst, so findet man auf den gegen die Achse des Stengels gekehrten senkrechten Wänden ein, zwei und selbst drei dieser Löcher, aber keine Spiralfasern. Aehnliche durchlöcherte Zellen kommen in den Blättern des Dicranum glaucum vor, wo alle Querwände und die senkrecht gegen die Blattflächen stehenden Seitenwände, und zwar die leztern immer mit mehreren Löchern durchbohrt sind. Dessen ungeachtet ist aber bei den Moosen so wenig als bei den Lebermoosen, weder an den Blättern noch an dem Stengel, eine deutliche und ablösbare Oberhaut vorhanden, wenn man nicht die äußere, farblose Zellenlage der Torfmoose dafür erklären will.

Wo aber eine Verschmelzung des Stengels und der Blättermasse zum Laube oder Laubstengel (§. 40) vorkommt, da treten auch manche Verschiedenheiten im innern Bau desselben auf.

Nur in wenigen Fällen wird das Laub, ähnlich dem einzelnen Lebermoosblatte, blos aus einer einfachen, gleichförmigen, grünen Zellenlage gebildet, wie bei dem Kugelschorf (Sphaerocarpus) (Fig. 100, b c), dann bei mehreren Jungermannien (J. furcata) (F. 145, b), wo dasselbe mit dem wiederholt gabelig verzweigten Stengel wie mit einem ästigen Mittelnerven durchzogen ist, sondern weit häufiger besteht das Parenchym des Laubes aus mehreren Schichten verschieden geformter und gefärbter Zellen, und in den bei manchen Arten der Gattungen Riccia, Oxymitra Grimaldia u. a. auf der untern Laubfläche sitzenden, freien, blattartigen Schuppen, welche die nicht ganz in die Verschmelzung eingegangenen Blätter sind, kommt noch der einfach zellige Bau der übrigen Lebermoosblätter vor, im Laube selbst dagegen findet man im Allgemeinen den auf dessen unterer Fläche kielartig vorspringenden Nerven (den eigentlichen Stengel) aus farblosen oder doch nur schwachgefärbten, häufig mehr gestreckten Zellen gebildet, welche im Umfang am kleinsten und dichter gestellt sind, gegen die Mitte des Laubes lockerer werden, nicht selten Lufthöhlen zwischen sich lassen und gegen die obere Laubfläche wieder in kleinere, durch Chlorophyll grün gefärbte Zellen übergehen. Auf der untern Laubfläche kann man in der Regel keine deutliche Oberhaut unterscheiden und die verlängerten, röhrigen Zellen, welche die Haarwurzel (§. 30) bilden, entspringen eben so, wie bei den getrenntblättrigen Lebermoosen und Moosen, unmittelbar aus der äußersten Zellenschichte des Stengels oder Laubnerven; dagegen ist die obere Fläche des aus einem dickern Parenchym gebildeten Laubes über der grünen Schichte mit einer einfachen, ungefärbten Zellenlage versehen, welche diese Fläche als mehr oder weniger leicht ablösbare Oberhaut überzieht, so daß wir in anatomischer Beziehung erst diese zusammengesezten Laubformen mit den Blättern höherer Pflanzen vergleichen und in ihnen die beginnende Trennung in Oberhaut und Mittelschichte wahrnehmen können.

Da wir nun sowohl bei den übrigen kryptogamischen als auch bei allen phanerogamischen Pflanzen eine Oberhaut antreffen, so wollen wir den merkwürdigen Bau dieses häutigen Ueberzuges kennen lernen, bevor wir die übrigen Theile der damit versehenen Pflanzen anatomisch untersuchen.

Zweiter Artikel.

Von der Oberhaut.

§. 99.

Die Oberhaut (Epidermis), welche die Blätter und übrigen blattartigen Organe, so wie überhaupt alle krautigen Theile der damit versehenen Pflanzen überzieht, bildet in den meisten Fällen eine aus plattgedrückten Zellen bestehende, farblose Membran (Fig. 81, a b. Fig. 82—89), die dem darunter liegenden Parenchym bald fest aufgewachsen, bald nur locker aufliegend und leicht davon abzulösen ist. Die Seitenwände der Zellen sind meist so fest untereinander verwachsen, daß keine Intercellulargänge bleiben; doch kommen in der Oberhaut der Begonien (z. B. Begonia maculata) deutliche, senkrecht gegen die obere Blattfläche stehende Intercellulargänge vor; auch in der noch unvollkommen gebildeten, undeutlichen Oberhaut der Riccien sieht man zwischen den abgestumpften Kanten der Zellen viereckige Oeffnungen, welche aber eigentlich nur die Mündungen der Intercellulargänge des Parenchyms darstellen. Außer den oben genannten Zellenpflanzen fehlt die Oberhaut auch der äußern, aus abgestorbenem Parenchym bestehenden Rinde der Bäume und Sträucher und den ältern Wurzeln, nicht aber den jüngern Wurzeln, den holzigen Fruchthüllen, den Stacheln und Dornen. Gewöhnlich stellt die Oberhaut eine zarte, durchsichtige, mehr oder minder leicht ablösbare Membran dar. Es giebt aber auch Beispiele, wo dieselbe ziemlich dick und derb ist, wie bei Agave, Aloë und den Schafthalmen, und bei Rotang-Arten (Calamus) ist die dicke und feste Oberhaut fast beinhart.

In der Gestalt der Oberhautzellen treffen wir eine große Verschiedenheit an. Die plattgedrückte Form ist zwar die vorherrschende, aber nicht die allein vorkommende. In manchen Fällen, wie bei Rotang-Arten, bei Begonia, Agave und Aloë, besitzen die Zellen eine bedeutende Tiefe, wobei sich ihre äußere Wand oft bogenförmig erhebt (auf den Blättern des Eiskrautes — Mesembryanthemum crystallinum [1]) und der gelben Narcisse — Narcissus Pseudonarcissus), in warzenförmige

---

[1]) Bischoff, Handbuch der bot. Terminol. u. Systemk. T. 47, Fig. 2180, b c.

Höckerchen auswächst (bei der warzigen Aloë [1]), und der gemeinen Siegwurz — Gladiolus communis), oder sogar durchaus blasenförmig anschwillt (bei dem sichelförmigen Dickblatt — Crassula falcata) [2]), wo solche vergrößerte und aufgetriebene Zellen die übrigen kleinern und mehr flachen Oberhautzellen, zwischen welchen sie entspringen, völlig verdecken und eine äußere Oberhautschichte zu bilden scheinen. Diese Bildungen deuten schon auf die Entstehung der Drüsen und Haare hin, welche sich jedoch meist schon mehr als eigenartige Gebilde der Oberhaut darstellen. Es fehlt indessen auch nicht an Beispielen einer wirklich aus doppelter Zellenlage bestehenden Oberhaut, z. B. bei der amerikanischen Agave, wo alle Zellen gleich groß sind, und bei dem Blumenrohr (Canna) und Pisang (Musa), wo die äußerste Oberhautschichte viel kleinere Zellen enthält als die innere.

Auch in Bezug auf den Umriß tritt in den Oberhautzellen bei einer großen Gesetzmäßigkeit die größte Mannigfaltigkeit auf. Sie haben entweder eine regelmäßige, vier- bis vieleckige Gestalt (Fig. 82. Fig. 86, b b. Fig. 89, b), oder sie zeigen wellig gebogene Seitenwände (auf den Blättern der weißen Lilie, Fig. 83, b) und gehen dann in unregelmäßige, mit buchtigen und geschlängelten Linien umgrenzte, doch dabei sehr zierliche Formen über (auf den Blättern des gemeinen Tüpfelfarns — Polypodium vulgare, Fig. 85, b. und vieler andern Farne). Im Allgemeinen sind die Oberhautzellen auf der untern Blattfläche anders und weniger regelmäßig gestaltet, auch daselbst oft bedeutend größer als auf der obern Fläche und an den übrigen Theilen der Pflanze. Gewöhnlich sind die Oberhautzellen größer als die zunächst darunter liegenden Zellen des Parenchyms (Fig. 82, c. Fig. 83, c. Fig. 84, c. Fig. 89, c); aber an jenen Theilen der Pflanze, wo in den Elementarorganen eine Dehnung in die Länge vorwaltet, wie in den Stengeln und Blattstielen, ferner in den Blattnerven, da sieht man auch die den Ueberzug bildenden Oberhautzellen eine gestreckte Form annehmen, und es ist z. B. in der abgezogenen Oberhaut der untern Fläche eines Fiederblättchens des männlichen

---

[1]) Bischoff, Handb. der bot. Terminol. u. Systemk. T. 47, Fig. 2195, b. — [2]) Das. Fig. 2179, a b c.

Schildfarns (Aspidium Filix mas) durch die gestreckten Oberhautzellen ganz deutlich der Verlauf der Blattnerven bezeichnet.

In der ersten Jugend scheinen die Oberhautzellen Saft einzuschließen; später enthalten sie fast durchgängig Luft, und nur in manchen Fällen, wie bei dem Eiskraut, bleiben sie auch im Alter mit Saft erfüllt, der meist farblos, zuweilen jedoch auch gefärbt ist, z. B. roth auf der untern Blattfläche der verschiedenfarbigen Tradeskantie (Tradescantia discolor), auf den jüngsten Aesten, Blüthenstielen und Kelchen der glänzenden Salbei (Salvia splendens), violett auf dem Stengel derselben Pflanze. Von dem frühern Saftgehalte rühren auch die bei manchen Pflanzen in den Zellen der Oberhaut vorkommenden Krystalle her, wie bei der eben erwähnten Tradeskantie, bei der hängenden Fackeldistel (Cactus pendulus) und der bandstreifigen Maranta (Maranta zebrina). Sehr häufig sind die nach Außen liegenden Wände der Oberhautzellen dicker als die dem Parenchym zugekehrten und die Seitenwände, wie man deutlich auf dem Querschnitte der Blätter von Agave und Aloë [1]) sehen kann. Oft haben die Oberhautzellen punktirte Wände, wo die Punkte, eben so wie bei den übrigen punktirten Zellen, durch stellenweise Verdünnungen hervorgebracht, leicht für körnige, abgelagerte Stoffe gehalten werden können. Sie finden sich unter andern auf den Blättern der grünen Nießwurz (Helleborus viridis), der amerikanischen Agave und des sichelförmigen Dickblatts [2]).

Außer den beschriebenen Zellen kommen bei den meisten mit einer Oberhaut versehenen Pflanzen zwischen jenen noch Spaltöffnungen oder Poren vor (Fig. 82 bis 89, aa). Jede Pore ist eine länglich-elliptische Spalte, von zwei halbmondförmigen Zellen gebildet, welche mit ihren concaven Seiten gegen einander liegen und nur mit ihren Enden sich berühren (Fig. 82). Diese beiden Porenzellen gehören eigentlich nicht ursprünglich der Oberhautbildung an, sondern zeigen sich in ihrem Bau vielmehr den Parenchymzellen verwandt, mit welchen sie noch vorzüglich darin übereinstimmen, daß sie meist Chlorophyllkörner

---

[1]) Bischoff a. a. O. T. 47. Fig. 2193, b. — [2]) Das. T. 47, Fig. 2179, abc.

enthalten (Fig. 82, 83 u. 85), die in den Oberhautzellen durchaus fehlen; daher haben sie meist ein drüsenähnliches Ansehen und wurden auch häufig als Hautdrüsen oder Rindendrüsen beschrieben. Sie scheinen Anfangs in den meisten Fällen mit den Zellen des unter der Oberhaut liegenden Parenchyms in unmittelbarer Verbindung zu stehen. Da sie aber auch den Oberhautzellen fest angewachsen sind, so werden durch die bei der Entfaltung und dem Wachsthum der Pflanzentheile stattfindende allseitige Ausdehnung der Oberhaut die Porenzellen von dem Parenchym getrennt und häufig gleichsam in die Höhe gehoben, so daß sie zum Theil in gleicher Höhe mit den Oberhautzellen (bei der gemeinen Siegwurz) [1]) oder sogar über denselben zu liegen scheinen (bei der Tag-Lichtnelke Lychnis diurna) [2]); am gewöhnlichsten liegen jedoch die Porenzellen tiefer als die Oberhaut, wo dann die Zellen der leztern über der Spalte auseinanderstehen und eine derselben entsprechende, jedoch meist größere Oeffnung zwischen sich lassen; dabei erheben sich häufig um diese Oeffnung die angrenzenden Ränder der Oberhaut zu einem kleinen Wall (Fig. 87, a a), den man nicht mit der eigentlichen Pore, welche hier immer tiefer liegt, verwechseln darf. *)

Unter jeder Pore liegt eine mehr oder weniger tief in das Parenchym hinreichende Höhle [3]), welche mit der die Pflanze umgebenden atmosphärischen Luft in Gemeinschaft steht, und wo sich die Ränder der darüber liegenden Epidermiszellen zu einem Wall erheben, da bildet sich auch außerhalb der Pore [4]) eine solche Höhle, welche, unmittelbar in die Atmosphäre ausmündend, die Gemeinschaft der leztern mit der innern Porenhöhle vermittelt. Da ferner die durch die Oberhautzellen über den Poren gebildeten Oeffnungen nicht immer kreisrund oder oval (wie in Fig. 84 u. 87), sondern auch viereckig (Fig. 86) vorkommen, so erhalten die

---

[1]) Unger, die Exantheme der Pflanzen Tab. 1. Fig. 7, b b. — [2]) Das. T. 6. Fig. 53, b b.

*) Darüber ist vorzüglich zu vergleichen: H. Mohl, über die Spaltöffnungen auf den Blättern der Proteaceen (Acta Acad. Caes. Leop. Car. Nat. Cur. Vol. XVI. P. II. S. 791—804. Tab. 60 u. 61), wo auch mehrere Spaltöffnungen dargestellt sind, die statt eines, zwei hintereinander liegende Paare von Porenzellen haben.

[3]) Unger, a. a. O. T. 1, Fig. 6, e. Fig. 7. — [4]) Das. Fig. 6, c.

Spaltöffnungen, besonders wenn die Porenzellen durch die sie theilweis deckenden Oberhautzellen hindurchscheinen, bei den verschiedenen Pflanzen ein sehr verschiedenes Ansehen.

Wahre Spaltöffnungen von dem eben beschriebenen Bau finden sich, außer bei den Gefäßpflanzen, noch auf den Früchten mancher Moose (Splachnum, Bryum, Bartramia u. a. m. *). Dagegen zeigen sich die Spaltöffnungen der mit einer deutlichen Oberhaut versehenen Lebermoose (Marchantia, Grimaldia und der verwandten Gattungen) nur als warzenförmige Erhöhungen, aus kleinern Oberhautzellen gebildet, oben mit einer kreisrunden oder ovalen Oeffnung versehen, unter welcher keine Pore liegt, sondern statt derselben den Grund der Höhlung eigenthümlich gestaltete (flaschenförmige) chlorophyllhaltige Zellen erfüllen. Die Spaltöffnungen finden sich ferner nur auf den Theilen, welche mit der atmosphärischen Luft in Berührung stehen, daher am häufigsten und am vollkommensten ausgebildet auf den Blättern der auf dem Trocknen wachsenden Pflanzen. Allen untergetauchten Theilen der Wasserpflanzen gehen sie ab. Bei dikotyledonischen Pflanzen sind sie häufiger auf der untern Blattfläche und meist auf dieser allein vorhanden; das leztere ist auch bei den Farnen der Fall. Bei Monokotyledoneen werden sie dagegen gewöhnlich auf beiden Blattflächen angetroffen. Die schwimmenden Blätter der Seerosen (Nymphaea), des Froschbisses (Hydrocharis), der Villarsie u. a. m. haben dagegen nur auf ihrer obern, der Luft zugekehrten Fläche Spaltöffnungen.

Auf den Stengeln und Blattstielen ist das Vorkommen der Spaltöffnungen im Allgemeinen seltner als auf den Blättern. Eben so werden sie seltner oder verschwinden ganz an den nicht grün gefärbten Theilen der Blüthe, den Blumenblättern und Staubgefäßen. Bei grünen Pflanzen, deren Blätter wenig aus-

---

*) Bei den genannten Gattungen der Moose, so wie überhaupt bei den meisten Bryoideen finden sich die Spaltöffnungen nur auf dem Ansatz (Apophyse) oder dem verdickten, keine Sporen einschließenden Ende des Fruchtstiels (dem sogenannten Büchsenhals); bei mehreren andern Moosen aber, wie bei den Torfmoosen (Sphagnum) und dem nacktmündigen Goldhaar (Orthotrichum gymnostomum) kommen sie über die ganze Büchse zerstreut vor.

gebildet, schuppenförmig oder vertrocknet sind, wie bei Stapelien und Fackeldisteln, sind dagegen die Stengel mit äußerst zahlreichen Spaltöffnungen versehen, und wie sehr hier die Gegenwart der Spaltöffnungen mit der grünen Farbe in Beziehung stehe, beweisen die grünen Stengel mehrerer Schafthalme (Equisetum arvense, palustre, hiemale), welche an allen grün gefärbten Stellen reichliche Spaltöffnungen besitzen, während die weißen Stengel des Flußschafthalms (Equisetum fluviatile) keine Spur davon zeigen und nur die grünen Aeste dieser Pflanze mit Poren versehen sind. So fehlen auch manchen bleichgefärbten Schmarotzerpflanzen (den Ohnblatt-Arten — Monotropa und der Schuppenwurz — Lathraea) die Spaltöffnungen; doch sind dieselben bei andern (den Sommerwurz-Arten — Orobanche und den Flachsseiden — Cuscuta) wirklich nachgewiesen worden; auch zeigen von Natur grüne, aber ganz im Dunkeln gezogene und dadurch verbleichte Pflanzen dieselbe Menge der Poren, wie die am Lichte gewachsenen. Indessen ist ungeachtet dieser seltnern Ausnahmen das Vorkommen von Spaltöffnungen im Allgemeinen so sehr an die Gegenwart der grünen Farbe gebunden oder diese tritt vielmehr umgekehrt als eine so bestimmte Folge des Daseyns der Poren auf, daß man sogar in den meisten Fällen die Vertheilung und Stellung der leztern nach der Beschaffenheit der grün gefärbten Stellen eines Pflanzentheils mit ziemlicher Gewißheit angeben kann, ohne vorher die abgelöste Oberhaut einer mikroskopischen Untersuchung unterworfen zu haben. Ueberall, wo nämlich Gefäß- oder Bastbündel unter der Oberhaut hinziehen, erscheinen dieselben als bleichgefärbte Streifen und Linien und über diesen fehlen die Spaltöffnungen, während sie auf den dazwischen liegenden grünen Stellen vorhanden sind. Daher finden wir z. B. auf den meist abwechselnd weiß und grün gestreiften Stengeln der Schafthalme, auf den Halmen der Gräser und Cyperaceen, so wie überhaupt auf den mit parallelen, sehr nahe nebeneinander liegenden Nerven durchzogenen Blättern dieser und der meisten übrigen Monokotyledoneen, so wie der Nadelhölzer (Fig. 84), die Spaltöffnungen, dem Zuge der Nerven folgend, in regelmäßige Reihen geordnet, während auf den mit einem vielfach verzweigten Adernetze versehenen Blättern der Farne und der meisten Diko-

tyledoneen in den unregelmäßigen Feldern zwischen den Nerven und Adern auch die Stellung und Vertheilung der Poren weit unregelmäßiger erscheint.

Von dem Bau der zur Oberhautbildung gehörigen Nebentheile.

§. 100.

Zur vollständigen Kenntniß der Oberhautbildung gehört auch die des mikroskopischen Baues der früher (§. 94) nur mehr oberflächlich betrachteten, zur Bekleidung oder zum Ueberzug gehörigen Nebentheile, welche wegen ihres innigen Zusammenhanges mit der Oberhaut erst jezt, nachdem uns der Bau der lezstern selbst klar geworden, einer genauern Untersuchung unterworfen werden können. Die Haare der Oberhaut bestehen entweder aus einzelnen verlängerten Zellen [1]) und aus einfachen Zellenreihen [2]), oder sie werden theilweis oder ganz durch Zellgewebe gebildet [3]), in welches selbst das zunächst unter der Oberhaut liegende Parenchym nicht selten eingeht. Sie finden sich auf allen Theilen der Pflanzen, welche mit Oberhaut bekleidet sind, von der Wurzel bis zum Pistill und den Samen, und kommen unter sehr verschiedenen Formen, oft bei einer und derselben Pflanze, vor. So sehen wir die Haare gegen ihre Spitze verdünnt und pfriemenförmig, zwar in den meisten Fällen (Fig. 17, bc), aber auch in mehrere umgebogene Spitzen ausgehend oder widerhackig bei Bitterkraut-Arten (Picris), Apargien (Apargia), Igelsamen (Echinospermum) und der gemeinen Hundszunge (Cynoglossum officinale) [4]), auf verschiedene Weise verästet, zwei-, drei-, viergabelig, dichotom, stern- und pinselförmig bei Kreuzblüthigen und Malvaceen [5]), gezähnelt bei Habichtskräutern (Hieracium) [6]), federig auf den Blattstielen der Johannisbeeren (Ribes) [7]), quirlästig im Filze der Wollkraut-Arten (Verbascum) [8]). Merkwürdig sind die zweispitzigen Haare mancher Kreuz-

---

[1]) Bischoff, Handb. d. Terminol. u. Systemk. T. 46. Fig. 2109—2112. — [2]) Das. Fig. 2120—2129. — [3]) Das. Fig. 2132 u. 2133. Fig. 2138—2145. — [4]) Das. Fig. 2148—2150. — [5]) Das. Fig. 2146 u. 2147. Fig. 2154 u. 2156. Fig. 2160. — [6]) Das. Fig. 2141. — [7]) Fig. 2142. — [8]) Das. Fig. 2155.

blüthigen und Malpighien, deren Spitzen die Schenkel eines sehr stumpfen, in seinem Scheitel der Oberhaut angehefteten Winkels bilden [1]). Die sogenannten Schülfern (S. 455) sind nichts anderes als büschelige oder sternförmig ausgebreitete und zu strahligen Schüppchen verwachsene Haare, wie uns die auf den Blättern des Oleasters vorkommenden Uebergänge [2]) auf das Deutlichste zeigen. Aus kugeligen oder ellipsoidischen aneinander gereiheten Zellen gebildet und dadurch mehr oder weniger perlschnurförmig sehen wir die Haare auf der obern Blattfläche der schwimmenden Salvinie, in der Blume des Gartenkürbis, auf dem Stengel der gemeinen Wunderblume [3]) und auf den Staubfäden der virginischen Tradescantie (Fig. 12), wo sie durch eine violettrothe Färbung noch besonders ein zierliches Ansehen erhalten. Dann kommen aus einzelner Röhrenzelle gebildete Haare am obern Ende kolbig bis kugelig erweitert vor, auf den Staubfäden der Wollkräuter, in der Blumenröhre des großen Löwenmauls [4]), oder die aus gliederartig aneinander gereiheten Zellen bestehenden Haare tragen eine kopfig erweiterte Endzelle, auf dem Kelche der Abend-Lichtnelke (Lychnis vespertina) [5]), oder sind mit einem aus mehreren Zellen zusammengesezten Köpfchen versehen, in der Blumenröhre des Kürbis und auf Stengel und Blättern der gemeinen Kichererbse (Cicer arietinum) [6]); in ein flaches oder vertieftes Becherchen erweitert, welches häufig ein Tröpfchen klebriger Flüssigkeit enthält, sehen wir das Ende auf den Haaren der grauen Wallnuß (Juglans cinerea), der Siegesbeckien und Madien [7]).

Wenn die Haare nicht blos aus einer einfachen Zellenreihe bestehen, sondern sich zu deren Bildung die Zellen auch seitlich verbinden, so entstehen häutige, schuppenartige oder spreuähnliche Formen, auf dem Stamme, den Blattspindeln und Nerven vieler Farne [8]), wo man diese Spreuhaare häufig unrichtig

---

[1]) Bischoff, Handb. d. Terminol. u. Systk. T. 46. Fig. 2152, 2158. — [2]) Das. Fig. 2162, a b c. — [3]) Das. Fig. 2122, 2123 u. 2125. — [4]) Das. Fig. 2118 und 2119. — [5]) Das. Fig. 2134. — [6]) Das. Fig. 2125, a. Fig. 2135, a b. — [7]) Das. Fig. 2136 u. 2137. — [8]) Das. Fig. 2140 u. 2141.

als Spreublättchen beschrieben findet. Außer diesen flachen, in ihrem Bau der Oberhaut selbst mehr oder weniger ähnelnden Haaren kommen auch solche vor, die durch ein aus allseitig verbundenen Zellen bestehendes Zellgewebe gebildet werden auf dem Blattstiele der gewimperten Lysimachie (Lysimachia ciliata), der schwarzen Johannisbeere, vieler Habichtskräuter u. s. w. [1]). Wie diese zellgewebigen Haare durch Ablagerung von trocknen Stoffen in ihren Zellen in die sogenannten Borsten übergehen, und, wenn sie dicker, hart und stechend sind, zu Stacheln werden (an deren Bildung aber meist schon das Parenchym der Rinde Theil nimmt, während die Oberhaut nur den äußersten Ueberzug bildet), ist schon früher (S. 454) angegeben worden. Endlich giebt es sehr viele Haare, welche mit einem aus Zellgewebe gebildeten Fuße (einer Haarzwiebel) versehen sind, der bald eine einzelne verlängerte Zelle, bei Borragineen und Nesseln [2]), bald mehrere übereinander gereihete Zellen trägt, beim Kürbis [3]); auch widerhackig ästige, auf diese Weise unterstüzte Haare kommen vor, beim Hanf [4]), oder außer dem Haupthaare in der Mitte entspringt noch ein Kreis von kürzern Haarspitzen aus dem verdickten zellgewebigen Fuße, bei der sternhaarigen Lotwurz (Onosma stellulatum) [5]).

Die Membran der die Haare bildenden Zellen selbst zeigt wieder manche Verschiedenheit; sie ist, wie die Membran der Oberhautzellen, an sich farblos und wo sie eine Färbung zeigt, da scheint diese immer von gefärbten in dem Haare eingeschlossenen Flüssigkeiten oder von einem auf der Innenwand desselben abgelagerten Färbestoffe herzurühren. Bei weichen Haaren ist die Membran derselben dünn, bei starren Haaren meist von bedeutender Dicke; namentlich bei den leztern ist die Membran häufig punktirt [6]) und zwar erscheinen hier die Punkte meist als kleine Erhabenheiten auf der Außenfläche [7]), wo dann die flach aufliegenden, sternförmig verzweigten Haare mancher Kreuzblüthigen (z. B. des silberblättrigen Steinkrautes —

---

[1]) Bischoff a. a. O. T. 46. Fig. 2138, 2142, 2141, 2145 u. 2156. — [2]) Das. Fig. 2131, 2132. — [3]) Das. Fig. 2133. — [4]) Das. Fig. 2151. — [5]) Das. Fig. 2159. — [6]) Das. Fig. 2151. — [7]) Das. Fig. 2139, 2152, 2153 und 2159.

Alyssum argenteum) [1]) eine große Aehnlichkeit mit den erhaben punktirten, sternförmigen Zellen in den Luftgängen der Seerosen (Fig. 45) zeigen, welche, wie früher erwähnt, von manchen Beobachtern für wirkliche Haare erklärt wurden.

Die einfachen, d. h. nicht aus Zellgewebe bestehenden Haare sitzen gewöhnlich einer Oberhautzelle auf und sind von dieser durch eine Querwand getrennt; oft dehnt sich aber auch die Oberhautzelle selbst unmittelbar in das Haar aus, was namentlich bei Wurzelhaaren der Fall ist. Sind dabei die verlängerten Zellen der Oberhaut stark aufgetrieben und mit Flüssigkeit erfüllt, wie bei dem Eiskraut [2]), so bilden sie die Blattern, die, wenn sie klein sind [3]), dem unbewaffneten Auge oft wie Mehlstaub erscheinen, wie bei dem weißen Gänsefuß (Chenopodium album). Wenn dagegen alle Zellen der Oberhaut sich in blasige Höckerchen und Spitzchen erheben, so entstehen die Papillen [4]), welche vorzugsweise auf der innern Fläche der Blumenblätter vorkommen und häufig mit gefärbten Säften erfüllt, die Ursache des schönen, sammetartigen Schmelzes der Blumen sind. Auch die Narbe des Pistills ist gewöhnlich mit Papillen versehen, die sich hier jedoch häufig schon zur eigentlichen Haarform verlängern.

Solche mit einem ausgeschiedenen, meist gefärbten Safte erfüllte Oberhautzellen reihen sich indessen schon der Drüsenbildung an. Die Drüsen werden aber nicht immer von einer einzelnen Zelle gebildet, wie in den zuletzt genannten Fällen oder wie auf den Blättern des Hopfens, des Andorns [5]) und vieler andern Labiaten, sondern bestehen gar häufig aus einer gedrängten Zellenmasse, wo sie dann, wie schon (S. 455) erwähnt, gleich den einfachen Drüsen bald sitzend, bei Süßholz-Arten (Glycyrrhiza) [6]), bald durch Haare unterstützt oder gestielt, bei den Kichererbsen [7]), Johannisbeeren [8]), bei dem pinselborstigen Kroton (Croton penicillatus) [9]), auf den

---

[1]) Bischoff a. a. O. T. 46. Fig. 2160, a b c. — [2]) Tab. 47. Fig. 2180, a, b, c β. d. — [3]) Daf. Fig. 2180*, A B. — [4]) Daf. T. 47. Fig. 2176, A B. — [5]) Daf. Fig. 2172 u. 2173. — [6]) Daf. Fig. 2165 und 2166. — [7]) Daf. Fig. 2135. — [8]) Daf. Fig. 2142. — [9]) Daf. Fig. 2143, a b.

Blüthenstielen und Kelchen vieler Rosen [1]) und auf den Staubfäden des Diptams [2]), häufig auch unter der Oberhaut liegend und dem Parenchym mehr oder weniger eingesenkt sind, bei Johanniskräutern [3]), bei der klebrigen Robinie [4]) und auf den Zweigen und Blättern des Citronen- und Pomeranzenbaums [5]). Die oben beschriebenen zellgewebigen Haarzwiebeln, welche die einfachen Haare oft unterstützen, schließen sich, wenn sie, wie bei Nesseln und manchen andern Pflanzen, Flüssigkeit ausscheiden, ebenfalls den Drüsen der Oberhaut an.

Die Warzen stimmen in ihrem Bau mit den zellgewebigen, unter der Oberhaut liegenden Drüsen überein, nur daß dieselben, wie schon (S. 456) erwähnt worden, keine ausgeschiedenen Flüssigkeiten enthalten und gewöhnlich eine festere Konsistenz besitzen.

Von diesen rein zelligen Bildungen der Oberhaut und des zunächst darunter liegenden Parenchyms sind die Gefäßdrüsen wohl zu unterscheiden, welche aus der Umwandlung und Contraction blattartiger Organe abzuleiten, von den Drüsen der Oberhautbildung auf gleiche Weise, wie die Dornen von den Stacheln verschieden sind, und die wir bei der morphologischen Betrachtung der Pflanzenorgane unter andern auf den Blattstielen des Schneeballs und der maryländischen Kassie, auf den Sägezähnen vieler Blätter, auf den Staubgefässen der Lorbeer- und Persea-Arten, so wie der Salbei und in den Blüthen als drüsige Nebenblumen und Stempelhüllen, Honigsaft ausscheidend, kennen lernten.

Dritter Artikel.

Von dem innern Bau der Gefäßpflanzen.

1. Von dem innern Bau der Wurzel.

§. 101.

Die Wurzel der Gefäßpflanzen besteht im Allgemeinen aus Holz und Rinde; sie enthält nämlich immer ein einzelnes oder

---

[1]) Bischoff a. a. O. T. 47. Fig. 2103. — [2]) Tab. 47. Fig. 2181. — [3]) Das. Fig. 2164, a b c. Fig. 2170, a b. — [4]) Das. Fig. 2171, a b c. — [5]) Das. Fig. 2181*.

mehrere im Kreise gestellte Gefäßbündel, welche in der Achse oder zunächst um diese liegend, als festerer Kern dieselbe durchziehen und mit einer aus Zellgewebe bestehenden, weicheren Lage rings umgeben sind. Die Rinde ist ursprünglich mit einer Oberhaut überkleidet, welche später bei dem Dickerwerden der Wurzel oft verschwindet, manchmal auch wegen des ähnlichen Baues oder der Färbung ihrer Zellen nur schwer von der äußersten Rindenschichte zu unterscheiden, in vielen Fällen aber auch auf einem Querdurchschnitt leicht zu erkennen ist, so bei dem weißen Germer (Veratrum album), dem alternden Lauch (Allium senescens), der stumpfblüthigen und Strand-Simse Juncus obtusiflorus, J. maritimus) u. a. m.

Die Oberhaut ist gewöhnlich der Wurzelrinde fest angewachsen und darum schwer abzulösen; sie besteht in vielen Fällen aus sehr engen Zellen, wo sie dann auf dem Querschnitt leicht übersehen wird; dann kommt sie aber auch aus weiteren Zellen gebildet vor und fällt leicht in die Augen, bei den vorhin genannten Pflanzen. Häufig erscheint die Oberhaut der Wurzel gelb oder bräunlich gefärbt, was an den über dem Boden befindlichen Pflanzentheilen nur selten der Fall ist; ein wesentlicher Unterschied liegt ferner in dem gänzlichen Mangel der Spaltöffnungen, während dagegen auf den jüngern Wurzeln das Vorkommen zahlreicher Haare, die immer nur aus einzelnen, röhrig verlängerten Zellen bestehen, eine gemeine Erscheinung ist. Manche Luftwurzeln zeigen das Eigenthümliche, daß sie außer ihrer eigentlichen Epidermis noch mit einer trocknen, aus mehreren Zellenlagen bestehenden Ueberhaut versehen sind, deren Zellen mit zarten parallelen Runzeln durchzogen, das Ansehen von Faserzellen erhalten, und, so weit die Wurzel in die Erde dringen kann, mit einem dichten Haarfilze sich überdecken. Besonders schön sieht man diese zusammengesezte Ueberhaut bei dem dicknervigen und fingerblättrigen Pothos (Pothos crassinervius, P. digitatus) und dem verlängerten Baumwurzler (Epidendrum elongatum), wo sie bei den erstern die ganze Wurzel überzieht, während bei dem leztern die grüne Wurzelspitze frei bleibt und nur mit der zarten Epidermis überzogen ist.

Die Wurzelrinde ist immer sehr deutlich von dem Holz oder dem Kern geschieden. In dem Verhältniß ihrer Masse zu

der des leztern kommt zwar mancher Wechsel vor, doch läßt sich im Allgemeinen annehmen, daß bei dikotyledonischen Pflanzen die Rindenmasse im Vergleich gegen den Kern geringer ist als bei den Monokotyledoneen und den kryptogamischen Gefäßpflanzen, deren Wurzelrinde meist die Masse des Kerns bei Weitem überwiegt. Indessen giebt es auf beiden Seiten auch Ausnahmen, und wir finden unter den Dikotyledoneen, z. B. in den Wurzelzasern der grünen Nießwurz die Rindenmasse bei Weitem überwiegend, während dieselbe unter den Monokotyledoneen in den Zasern der Honduras-Sassaparille im Verhältniß zum Kern weit geringer ist.

Untersuchen wir den Bau der Rinde genauer, so finden wir denselben durchaus zellig und zwar aus tessularischem oder doch nur wenig gestrecktem Zellgewebe, welches man vorzugsweise mit dem Namen Parenchym belegt, gebildet. Im Umfange der Wurzelrinde und zunächst um den Kern sind die Zellen immer kleiner, daher das Parenchym dichter; in den Wurzeln der Dikotyledoneen liegt aber jedesmal zwischen dem Parenchym der Rinde und dem Kern noch ein mehr oder weniger zusammenhänder Bastring, aus engen, gestreckten Zellen gebildet, welcher bald schärfer begrenzt ist, wie bei der kreuzblättrigen Wolfsmilch (Euphorbia Lathyris) und in der Hauptwurzel der Balsamine, bald in das Parenchym der Rinde sich allmälig verliert, wie bei den Georginen, dem schaftlosen Tragant (Astragalus exscapus), dem Schöllkraut, der Ratanhiawurzel (Krameria triandra), so wie in den holzigen Wurzeln der Bäume und Sträucher, und daher eigentlich noch der Rindenmasse selbst beizuzählen ist, so daß wir in der Rinde der zweisamenlappigen Pflanzen zwei verschiedene Schichten, das Parenchym und den Bast, zu unterscheiden haben. In den Wurzeln der Einsamenlappigen besteht die ganze Rindenmasse aus Parenchym und wenn auch hier, wie es gewöhnlich ist, ein Kreis von engeren Zellen oder selbst, wie bei Pothos-Arten, von Bastbündeln vorkommt, so ist derselbe doch so scharf von der eigentlichen Rindenmasse geschieden und so innig dem Kerne verbunden, daß man ihn als integrirenden Theil oder als äußere Umgrenzung des leztern, nicht aber als zur Rinde gehörig betrachten kann.

Die Zellen der Bastlage sind in der Regel dickwandig und haben eine so enge Höhlung, daß diese auf dem Querschnitt (bei mäßiger Vergrößerung) nur wie ein dunkler Punkt erscheint und der Inhalt derselben nicht deutlich erkannt wird. In dem Parenchym der Rinde tritt dagegen die polyëdrische, dem Rauten- zwölfflach sich annähernde Zellenform als die herrschende auf; nur selten trifft man, wie in der innern Rindenschichte der Luftwurzeln des geöhrten Kaladiums (Caladium auritum), regelmäßig vierseitige Zellen und zwischen diesen, da immer vier Zellen mit ihren abgestumpften Kanten zusammenstoßen, auch vierseitige Intercellulargänge an. Der Inhalt der Zellen liegt hier meist sehr deutlich vor Augen und wir sehen sie zum größten Theil mit Stärkmehlkörnern erfüllt, welche in seltnern Fällen, z. B. in den Wurzelzasern der Lauchharten, auch durch Schleim, oder in der Ratanhiawurzel durch färbende Stoffe ersezt werden. Dagegen ist es etwas sehr Gewöhnliches, zwischen den stärkmehlhaltigen Zellen in der Wurzelrinde zahlreiche Zellen oder Zellenreihen mit gefärbten Säften von wässeriger, ätherisch-öliger, gummöser oder harziger Natur erfüllt, zu finden, wie bei der Balsamine, den Georginen, der niedrigen Zwergpalme (Chamaerops humilis), dem Schöllkraut und vielen andern. Besonders zeichnen sich die Wurzelzasern der Farne, z. B. des gemeinen Tüpfelfarns, des männlichen Schildfarns u. a. m., durch die dunkelbraune Färbung der innern Schichte oder auch des ganzen Parenchyms der Rinde aus, deren Zellen nicht blos harzige Stoffe in ihrer Höhlung zu enthalten, sondern auch in ihren Wandungen davon durchdrungen scheinen. Oft weichen diese saftführenden Zellen in ihrer Bildung von den übrigen des Parenchyms wenig oder gar nicht ab; in manchen Fällen, wie in den Sassaparillwurzeln und in den Wurzeln vieler Palmen, sind es aber besondere, sehr dünnwandige, zur Röhrenform gestreckte Zellen, welche diese eigenthümlichen Säfte enthalten. Außerdem ist aber auch der Saft in ununterbrochenen, zwischen den Zellenreihen liegenden, und, wie es scheint, von keiner besondern Membran umschlossenen Gängen enthalten, und hier glückt es nicht selten (in den behutsam geführten Längeschnitten), unter dem Mikroskope die Bewegung des Saftes zu beobachten, wozu sich namentlich die

Luftwurzeln des geöhrten Kaladiums eignen, in deren Saftgängen man den Saft nach einer bestimmten Richtung fortströmen sieht, bis er gänzlich ausgeflossen und der Gang entleert ist, worauf derselbe durch die Ausdehnung der benachbarten Zellenwände zusammensinkt und dem Auge verschwindet. Ferner kommen in dem Parenchym der Wurzelrinde häufige Krystallbildungen vor, und zwar sind es meist spießige, zu Bündeln gehäufte Krystalle, welche bald in mehr zerstreuten, bald in reihenweise übereinander stehenden Zellen eingeschlossen sind; das Erstere ist z. B. bei der Balsamine, das leztere in den Zasern der Honduras-Sassaparille der Fall; die rübenförmigen Wurzeln der gemeinen und namentlich der langblüthigen Wunderblume (Mirabilis Jalapa, M. longiflora) enthalten diese spießigen Krystallchen in solcher Menge, daß man sie mit unbewaffnetem Auge auf den durchschnittenen Wurzeln an ihrem Seidenglanze erkennt. Indessen werden auch zu sternförmigen Drüsen verbundene Krystalle angetroffen, wie in dem Parenchym der Luftwurzeln des dicknervigen Pothos. Endlich giebt es unter den Monokotyledoneen und kryptogamischen Gefäßpflanzen, welche überhaupt eine große Uebereinstimmung im Bau ihrer Wurzelzasern zeigen, viele, deren Wurzelrinde große Luftgänge enthält, und dieses ist nicht blos bei Sumpf- und Wasserpflanzen, wie bei der Strandbinse (Serpus maritimus), bei der stumpfblüthigen, der Schlamm- und Strandsimse (Juncus obtusiflorus, J. uliginosus, J. maritimus), bei der vierblättrigen Marsilie (Marsilea quadrifolia), der schwimmenden Salvinie (Fig. 107, a d), dem gemeinen Brachsenkraut (Isoëtes lacustris, Fig. 108, a b), dem Fluß-Schafthalm (Equisetum fluviatile) und andern Schafthalm-Arten, der Fall, sondern es kommen auch Luftgänge in den Wurzeln mancher mehr auf trocknen Standorten wachsender Pflanzen vor; so ist die äußere Rindenschichte in den dicken Wurzelzasern des weißen Germers (Veratrum album) mit zahlreichen Luftgängen versehen; bei der Zwergpalme, wo sie in dem dichten Parenchym der jungen Luftwurzeln fehlen, bilden sich in den ältern, fast holzigen Zasern zahlreiche Lufthöhlen, und nach Mohl's Beobachtungen scheint das Vorkommen derselben in den Zaser-

wurzeln der Palmen überhaupt etwas Gewöhnliches zu seyn. Dagegen sind in den dünnen, unter dem Wasser befindlichen, Wurzelzasern des Tannenwedels (Hippuris) und der Wassernuß (Trapa) keine Luftgänge zu erkennen.

Eine noch größere Abwechselung als die Rinde zeigt der Holzkörper oder der Kern der Wurzel, da in demselben zu der verschiedenen Zellenbildung mehrere Gefäßformen hinzutreten. Eine wahre Stammwurzel, deren Wurzelstamm als Pfahlwurzel den aufwärts wachsenden Stamm der Pflanze in entgegengesezter Richtung oder nach unten fortsezt, kommt nur bei dikotyledonischen Pflanzen vor. Wird von einer solchen der untere Theil des Stammes sammt der Pfahlwurzel senkrecht durch die Mitte gespalten, so sieht man schon mit unbewaffnetem Auge, namentlich bei ein- und zweijährigen Pflanzen, z. B. bei dem weißen Senf, den größeren Gänsefuß-Arten (Chenopodium murale, Ch. hybridum, Ch. rubrum) und der kreuzblättrigen Wolfsmilch, die meist grüne Rinde des Stammes unmittelbar in die gelb- oder bräunlich-weiße der Wurzel sich fortsetzen; eben so geht auch der Gefäßkreis des Stammes in den Holzkörper der Wurzel über; aber die weite Markröhre, welche in den genannten Beispielen die Achse des Stammes einnimmt, verengert sich an dessen Grunde allmälig oder plötzlich so sehr, daß sie in dem Kern der Wurzel nur noch durch einen feinen Streifen angedeutet wird, und hier ist durch das Verschwinden der Markröhre ziemlich bestimmt die Grenze zwischen Stamm- und Wurzel gegeben, welche auch im Aeußern oft schon durch eine leichte Einschnürung oder eine knotige Verdickung ausgesprochen ist. So finden wir noch bei vielen andern Dikotyledoneen die Markröhre in der Wurzel, zumal in den dünnern Aesten und in den Wurzelzasern sich außerordentlich verengern, und endlich ganz verschwinden, und bei manchen Pflanzen, wie bei der schwarzen und grünen Nießwurz, läßt sich auch in den dickern Zasern selbst unter stärkerer Vergrößerung keine Spur einer eigentlichen Markröhre erkennen. Wenn aber auch diese Verengerung der Markröhre als vorherrschend bei den zweisamenlappigen Pflanzen auftritt, so kann dieselbe doch nicht als allgemeine Regel für die Wurzel angenom-

men werden, wie dieß von manchen Schriftstellern geschehen ist, da es auch keineswegs an Beispielen fehlt, wo der Wurzelkern mit einer sehr deutlichen Markröhre durchzogen ist, wie in den Wurzelzasern der Georginen, die nicht blos in ihrem knollig verdickten Theile, sondern auch in den zur gewöhnlichen Zaserform verdünnten, fadenförmigen Enden eine sehr starke Markröhre besitzen; eben so zeigen die Luftwurzeln des Epheus eine deutliche Markröhre. Bei der Balsamine kommen sogar über den mit einem röhrenlosen Kerne versehenen Haupt- und Seitenwurzeln noch andere Wurzelzasern aus der Basis des Stammes hervor, welche mit einer dicken, saftreichen Markröhre versehen sind; hier läßt uns eine aufmerksame Untersuchung erkennen, daß die aus dem Würzelchen des Keims entstandene Hauptwurzel und die zunächst neben und über derselben entsprungenen, fast eben so starken Zasern es sind, welchen die deutliche Markröhre fehlt, während die mit einer dicken Markröhre versehenen solche Zasern sind, die sich über der ursprünglichen Wurzel später aus den Lenticellen der Stengelbasis entwickelt haben und eine viele größere Aehnlichkeit in ihrem innern Bau mit den Interfoliartheilen der dünnern Aeste des Stengels zeigen, wie dann überhaupt die Luftwurzeln dikotyledonischer Pflanzen in dieser Hinsicht sich mehr den Aesten des Stammes ähnlich verhalten.

Vergleichen wir aber den Wurzelkern dikotyledonischer Pflanzen genauer, so finden wir in demselben die im Kreise stehenden Gefäßbündel nicht unmittelbar sich seitlich berührend, sondern durch dickere oder dünnere Lagen von Zellgewebe geschieden, welche von der Achse des Kerns gegen den Umfang divergirend ausgehen, wodurch der Wurzelkern, wenn er eine größere Anzahl Gefäßbündel enthält, auf dem Querdurchschnitte wie strahlig gestreift erscheint. Diese zwischen den Gefäßbündeln eingezwängten und in ihrem Längenverlaufe als dünne Platten sich darstellenden Zellenpartieen sind da, wo eine Markröhre vorhanden ist, als die Fortsetzungen derselben zwischen dem Holzkörper zu betrachten und werden daher in allen Fällen, auch wenn die Markröhre undeutlich ist oder ganz fehlt, Markstrahlen genannt. Wir können daher als das Hauptmerkmal der Wurzel zweisamenlappiger Pflanzen angeben, daß sie einen mit Mark-

strahlen versehenen Kern besitzt *). Bei Pflanzen, deren Lebensdauer nicht über einen Sommer sich erstreckt und die man daher als einjährige bezeichnet, ist in dem Wurzelkern nur ein einziger Gefäßbündelkreis vorhanden, bei solchen, die erst im zweiten Sommer nach ihrer Keimung absterben, oder den zweijährigen Pflanzen findet man zwar den Kern im zweiten Sommer meist sehr verdickt; aber die neu hinzugekommenen Gefäßbündel sind von jenen des vorigen Jahres nicht immer so deutlich geschieden, wie in den Wurzeln der Fingerhut-Arten (Digitalis), sondern häufig nur undeutlich zu erkennen, wie in der Wurzel der Stockrose (Aethaea rosea), oder selbst mit dem vorjährigen Gefäßbündelkreis so verschmolzen, daß sie mit diesem nur einen einzigen Kreis zu bilden scheinen, wie dieses eine quer durchschnittene zweijährige Wurzel der kreuzblättrigen Wolfsmilch zeigt. In den Wurzeln der länger ausdauernden (perennirenden) Pflanzen, namentlich der Bäume und Sträucher, bilden dagegen die alljährlich um die ältern sich ansetzenden Gefäßkreise auf dem Querschnitte deutlicher unterschiedene Ringe, in deren jedem die größten Gefäße auf der innern Grenze liegen, so daß man dadurch gewöhnlich schon mit unbewaffnetem Auge die Jahrringe und aus der Zahl derselben das Alter der Wurzel erkennen kann. Es giebt indessen auch einjährige Wurzeln, welche auf dem Querschnitte ringförmige Abgrenzungen zeigen, die man leicht für Jahrringe halten könnte; so unter andern bei den Gänsefuß-Arten und dem Mangold; untersucht man aber einen dünnen Querschnitt dieser Wurzeln unter dem Mikroskope, so sieht man, wie die Zellenmasse der Markstrahlen hier sich absatzweise quer zwischen die Gefäßbündel einschiebt und zusammenhängende Kreise von Zellgewebe bildet, welche mit den dadurch entstehenden Gefäßbündelkreisen abwechseln. Auf diese Weise entstehen dann falsche Jahrringe, die sich jedoch gerade dadurch von den ächten Jahrringen

---

*) Die stärkern Wurzeläste und die dickern Zasern verhalten sich in dieser Beziehung der Pfahlwurzel ähnlich; nur in den dünnen Enden der Wurzeläste und in den feinern Zasern ziehen sich nebst der Markröhre endlich auch die Markstrahlen zurück, so daß der Kern gleichsam nur noch ein einziges Gefäßbündel darstellt.

unterscheiden, daß sie durch deutliche Zellgewebskreise getrennt sind, während die leztern eine von der Achse gegen den Umfang ununterbrochene Gefäßbündelmasse bilden, in welcher nur die größern Gefässe auf dem nach Innen gekehrten Rande der Jahrringe die Grenze zwischen denselben anzeigen. Ein Wurzelkern mit ächten Jahrringen besteht ganz aus Holzkörper (mit Markstrahlen), ein mit falschen Jahrringen versehener enthält dagegen abwechselnde Holz- und Markkreise *). Wenn Wurzeln mit falschen Jahrringen sich knollig verdicken, wie die zur Runkelrübe umgeänderte Wurzel des Mangolds, so geschieht dieses hauptsächlich, indem das Parenchym der Markkreise und Markstrahlen sich vermehrt und mit Saft anfüllt, wodurch nicht nur die Gefäßbündelkreise, sondern auch die einzelnen Gefäßbündel weiter auseinander gerückt werden und die Substanz des Wurzelkerns fleischig erscheint. In andern Fällen, wo keine solche ringförmigen Abgrenzungen im Wurzelkern vorhanden sind, wie in den Wurzelzasern der Gichtrosen (Paeonia) und Georginen, geht bei der Umänderung dieser Zasern in die Knollenform eine Ausdehnung des ganzen Zellgewebes (sowohl der Gefäßbündel als der Markstrahlen und Markröhre) vor sich, indem die unmittelbar die Gefäße umgebenden Holzzellen und die Markzellen sich sehr erweitern, in die niedergedrückte polyëdrische Form übergehen und ein sogenanntes mauerförmiges Zellgewebe darstellen, in welchem die weit auseinander gerückten Gefäßpartieen mehr oder weniger geschlängelte Züge bilden. Diese Ausdehnung der einzelnen Zellen, wobei zugleich die Wände der zu den ur-

---

*) In den zweijährigen Wurzeln des gelben Fingerhuts (Digitalis lutea) und wahrscheinlich auch in den Wurzeln der übrigen zweijährigen Arten sind zwar zwei durch ihre verschiedene Färbung schon mit bloßem Auge unterscheidbare, wahre Jahrringe vorhanden; wenn man aber den Querschnitt einer solchen Wurzel genauer und unter einem Suchglase betrachtet, so erkennt man in jedem Ringe noch einen oder mehrere Kreise von größern Gefäßen, wodurch im Ganzen vier bis fünf schmälere Ringe entstehen, welche zwar, wie die ächten Jahrringe, nur durch die größeren Gefäße von einander unterschieden, aber demungeachtet keine ächten Jahrringe sind. Hier zeigt jedoch die hellere Färbung des äußern Kreises des Wurzelkerns die wahre Grenze zwischen den eigentlichen Jahrringen an, so daß auch hier das sichere Mittel zu deren Unterscheidung nicht fehlt.

sprünglichen Gefäßbündeln gehörigen Zellen dünner erscheinen, kommt indessen bei jeder knolligen Verdickung der Wurzelformen vor und findet also auch bei der vorhin erwähnten Umänderung der Mangoldwurzel in die Runkelrübe statt.

Die Wurzeln der ebenfalls den Dikotyledoneen beigezählten Nadelhölzer unterscheiden sich von jenen der Laubhölzer durch den Mangel der Gefäße, indem hier der Kern aus den früher (§. 13) erwähnten gestreckten, reihenweise punktirten Zellen besteht, die jedoch auch bündelweise durch Markstrahlen getrennt sind und um die verengerte Markröhre concentrische Kreise bilden, welche, da jeder derselben nach Außen aus engern Zellen besteht, eben so deutlich unterschiedene Jahrringe darstellen, wie die Gefäßbündelkreise in dem Wurzelkern der Laubhölzer. In einem Wurzelaste der gemeinen Kiefer (Pinus sylvestris) findet man ferner die Zellen in den innersten Jahrringen am größten und in den äußern Ringen allmälig kleiner werdend, und es lassen sich Zellen mit einer, mit zwei und selbst mit drei senkrechten Reihen von kreisrunden und ovalen Punkten, welche mit einem deutlichen Hofe umgeben sind, erkennen; zwischen den rein punktirten Zellen kommen aber auch solche vor, auf deren Wänden zwischen den Punkten zarte Querstreifen, wie Gefäßfasern, beobachtet werden. Den ganzen Wurzelkern umgiebt zunächst eine Bastlage, auf welche die eigentliche Rindenschichte folgt; diese enthält harzführende Saftgänge, welche auch in dem Kern selbst, jedoch mehr zerstreut, vorkommen.

Vergleichen wir nun noch die Wurzeln der Monokotyledoneen und kryptogamischen Gefäßpflanzen, welche alle Faserwurzeln (S. 59) sind, so fällt uns sogleich als unterscheidendes Merkmal derselben auf, daß ihr Kern aus einem Gefäßbündelkreise ohne Markstralen besteht und mit keinem eigentlichen Bastkreise umgeben ist. Es lassen sich in den mehrjährigen Wurzelfasern keine Jahrringe unterscheiden; dagegen kommt sehr häufig eine verhältnißmäßig große Markröhre vor, welche gewöhnlich engere Zellen enthält, als das Parenchym der Rinde, so bei den Palmen, Stechwinden (Smilax), Baumwurzlern (Epidendrum) und dem Mays. Es giebt jedoch auch hier viele Wurzeln, welchen die Markröhre fehlt, wo dann der Kern ganz aus Gefäßen und Bastzellen gebildet wird, wie bei Binsen (Scirpus)

und Simsen (Juncus), bei dem geöhrten Kaladium, bei Pothos-Arten und Farnen, zu welchen die mit sehr enger Markröhre versehenen Wurzelzasern des weißen Germers, der Lauch-Arten u. a. m. gleichsam den Uebergang bilden. In den Wurzeln, deren Rinde Saftgänge und Saftbehälter enthält, ist auch gewöhnlich die Markröhre und selbst der Gefäßkreis von solchen durchzogen, wie in den Sassaparillwurzeln und bei dem erwähnten Kaladium; in den Luftwurzeln des dicknervigen Pothos stehen im Umfange des Kerns theils vor den Gefäßen, theils mit diesen abwechselnd, in zwei Kreisen Bündel von engen, dünnwandigen Saftzellen, welche man nicht mit den Bastbündeln in der Rinde der Wurzeln bei zweisamenlappigen Pflanzen verwechseln darf, da diese dickwandige und weit weniger saftreiche Zellen enthalten. Dagegen wird der Wurzelkern einsamenlappiger Pflanzen häufig, wo nicht in den meisten Fällen, von einem ununterbrochenen einfachen Kreise engerer Zellen umschlossen, welcher den Bastring ersetzend, sehr oft durch eine gelb- oder rothbraune Färbung sich auszeichnet und dessen Zellen bei manchen Pflanzen, wie bei der stumpfblüthigen Simse (Juncus obtusiflorus) und bei Palmen, querstreifige Wände haben, jedoch keine ächten Faserzellen (§. 14) zu seyn scheinen.

Im Wurzelkern der monokotyledonischen Pflanzen sind die Gefäßbündel in einen zusammenhängenden hohlen oder dichten Cylinder gleichsam zusammengeflossen, dessen Hauptmasse aus dickwandigen Bastzellen besteht, zwischen welchen die Gefäße auf verschiedene Weise vertheilt, doch meist im Kreise gegen den Umfang, seltner in die Achse des Kerns selbst gestellt sind, wie in den Wurzelzasern der Strandbinse (Scirpus maritimus), der vierblättrigen Marsilie, der Schafthalme und der Bärlapp-Arten. In den jüngern Luftwurzeln der niedrigen Zwergpalme kommen innerhalb des zusammenhängenden Gefäßbündelkreises, in der Markröhre noch kleinere, meist nur ein einzelnes Gefäß enthaltende Gefäßbündel vor, welche einen unvollständigen innern Jahrring zu bilden scheinen, der aber in den ältern Wurzelzasern mit dem äußern Kreise zusammenfließt; da in dem leztern Falle die Markröhre viel mehr verengert erscheint, so müssen diese innern Gefäßbündel, durch das Ansetzen neuer Bastzellen, in ihrem ganzen Umfange und also auch gegen

die Achse hin sich vergrößert haben. In jedem Falle lassen sich jedoch die Wurzelzasern der Einsamenlappigen und der kryptogamischen Gefäßpflanzen durch den Mangel der Markstrahlen von jenen der zweisamenlappigen unterscheiden, und selbst die dünnern Zasern und Wurzelenden der leztern, welche keine Markröhre und Markstrahlen mehr besitzen, sind noch an der im Kerne über die Bastzellen vorherrschende Gefäßmenge zu erkennen, da in den Zasern der übrigen Gefäßpflanzen, welchen die Markröhre fehlt, immer das umgekehrte Verhältniß eintritt.

Es ist früher (S. 47) angegeben worden, daß die in den Wurzeln vorkommenden Gefäße durchweg netzförmige Gefäße seyen; dieß ist auch wirklich der Fall bei dem allergrößten Theile der Pflanzen; indessen haben mich seitdem angestellte neuere Untersuchungen gelehrt, daß es auch in dieser Hinsicht Ausnahmen giebt. In den Wurzelzasern der Schafthalme, deren Kern nur aus einem oder mehreren größern Gefäßen besteht, um welche sich bei manchen Arten, wie bei dem Ackerschafthalm, noch einige kleinere anlegen, sind dieselben wirklich abrollbare, aus mehreren Fasern zusammengesezte Spiralgefäße, und in den oben erwähnten, über der ursprünglichen Wurzel, aus den Lenticellen der Stengelbasis entwickelten, mit einer großen Markröhre versehenen Wurzelzasern der Balsamine sind, außer den netzförmigen, auch noch Spiral- und Ringgefäße enthalten.

Die Gefäße, welche durch den ganzen Wurzelkern bei dünnen und holzigen Wurzeln in einem mit der Achse parallelen, in dicken, fleischigen Wurzeln aber in einem gebogenen oder geschlängelten Zuge verlaufen, gehen nie bis in das äußerste Ende der Wurzel, sondern sie hören vor der Wurzelspitze auf und diese hat daher stets einen rein zelligen Bau; wenn dabei das zellige Ende etwas angeschwollen oder von der äußeren, durch das Weiterwachsen der Wurzel abgestoßenen und vertrockneten Zellenmasse bedeckt ist, so entstehen die früher (S. 61) erwähnten Wurzelschwammwülstchen, im lezten Falle mit einer mützenförmigen Bedeckung versehen (Fig. 106, d). Wenn eine Wurzel sich verzweigt, so sieht man aus dem Kern derselben ein neues Gefäßbündel oder einen Gefäßbündelkreis entspringen; es setzen sich nämlich die neuen Gefäße seitlich an die des Kerns an und gehen, indem sie sich verlängern, wagrecht von der Achse des Kerns ab

nach dem Umfang der Wurzel, wobei zugleich die zum neuen Wurzelkern gehörigen Holzzellen sich anlegen; sobald dieser bis zum Bast und der Rinde vorgedrungen, schließt sich eine junge Bast- und Rindenlage um ihn an und nun verlängert sich der mit allen ihm zukommenden Elementarorganen versehene Wurzelast, den Bast und die Rinde der ältern Wurzel durchbrechend, über der Oberfläche der leztern und dringt in der ihm eigenthümlichen Richtung weiter in den Boden ein. In den Wurzelzasern der Monokotyledoneen sieht man die Gefäße für die Aeste oder Seitenzasern immer im Umfange des ältern Wurzelkerns sich ansetzen und nie aus dem Innern desselben hervortreten, auch geht hier keine eigentliche Bastlage, sondern nur ein einfacher Zellenkreis, so wie derselbe um den Wurzelkern dieser Pflanzen überhaupt vorkommt, nebst der Rindenlage in die neue Zaser ein. Bei dikotyledonischen Pflanzen aber findet man, sowohl in einjährigen als in perennirenden Wurzeln, je nachdem ein Wurzelast früher oder später entstanden ist, den Ursprung desselben mehr oder weniger tief in die Substanz des ältern Wurzelkerns versenkt und nur der Kern der allerjüngsten Aeste sizt dem äußersten Umfang des vorigen auf.

Auch die an dem oberirdischen Stamme befindlichen, aus Lenticellen sich entwickelnden Luftwurzeln, z. B. bei dem wurzelnden Sumach und dem Epheu, entspringen aus dem Holzkörper und verhalten sich gegen diesen ähnlich, wie die Wurzeläste zum ältern Wurzelkern; aber auch hier scheint bei den Monokotyledoneen der nämliche Unterschied stattzufinden, indem der Kern der Luftwurzeln nur mit den äußersten Gefäßpartien des Stammes in Berührung steht, während bei Dikotyledoneen der Ursprung der ältern Luftwurzeln weiter nach Innen gerückt ist.

Die früher (S. 67) ausgesprochene Vermuthung, daß die sogenannten Saugwarzen der Flachsseiden verkürzte Luftwurzeln seyen, wird durch den anatomischen Bau derselben vollkommen bestätigt. Wenn man nämlich einen mit einer solchen Schmarotzerpflanze umzogenen Stengel oder Ast, sammt dem aufgewurzelten Stengel durchschneidet und unter dem Mikroskope betrachtet, so sieht man, wie von dem Gefäßkreise des fadenförmigen Stengels der Flachsseide in jede Saugwarze ein zartes Gefäßbündel, den Kern derselben bildend, eingeht, wie sich

zunächst um diesen mehr gestreckte und dann nach Außen weitere Zellen anlegen, nnd wie nun diese verkürzte Luftwurzel, die Rinde der fremden Pflanze durchbohrend, bis in den Bast oder selbst zum Gefäßkreise derselben eindringt, wo sich ihr Ende in der Substanz der leztern gleichsam verliert. Besonders deutlich läßt sich dieser Bau bei der gemeinen Flachsseide (Cuscuta europaea) verfolgen, da diese Art einen nicht zu dünnen Stengel hat und auf sehr verschiedenen Pflanzen, unter andern auch auf jungen Weidenschössen wächst, in deren dichtem Baste das Eindringen und der Verlauf der kurzen Saugwurzeln leicht erkannt wird. Auf ähnliche Weise verhält es sich auch mit den Wurzeln der Sommerwurz-Arten (Orobanche), deren Zasern zum Theil frei in dem Boden sich verbreiten, zum Theil aber auf den Wurzeln anderer Pflanzen sich ansaugen; dann bilden sich auch warzenförmige Anschwellungen auf denselben, die sich oft den dünnen Wurzelästen und Zasern der fremden Pflanze so dicht anlegen, daß diese ihnen gleichsam eingewachsen scheinen; auch hier sieht man in jede Warze ein feines Gefäßbündel eingehen, welches sich in die fremde Wurzelzaser bis auf deren Kern einsenkt.

2. Von dem innern Bau des Stammes.

§. 102.

Bei der Untersuchung des inneren Baues haben wir weniger auf die früher nach der äußern Bildung angenommenen, untergeordneten Stammformen, als vielmehr auf die Klassen der Gefäßpflanzen selbst zu achten, die sich nach ihren Fortpflanzungsorganen als sporentragende oder kryptogamische Gefäßpflanzen und als samentragende oder phanerogamische Pflanzen unterscheiden lassen, von welchen die leztern wieder, wie uns schon bekannt ist, in Einsamenlappige oder Monokotyledoneen und in Zweisamenlappige oder Dikotyledoneen zerfallen. In diesen drei Klassen kommen Pflanzen mit krautigen und mit holzigen Stämmen vor; aber in jeder dieser Klassen tritt im innern Bau eine gewisse Uebereinstimmung in den Kraut- und Holzstämmen auf, wodurch die zu der gleichen Klasse gehörigen Pflanzen als solche sowohl erkannt, als auch von jenen der übrigen Klassen unterschieden werden können.

§. 103.

Nur eine verhältnißmäßig geringe Anzahl von Gefäßpflanzen, welche nach der Verschiedenheit ihrer Fortpflanzungsorgane zu den drei verschiedenen Klassen gezählt werden müssen, sind in dem innern Bau des Stammes unter einander so übereinstimmend und zugleich von ihren Klassenverwandten so abweichend, daß aus dem anatomischen Bau die Klasse, welcher sie angehören, nicht bestimmt werden kann. Dahin gehören von den kryptogamischen Gefäßpflanzen die Familie der Rhizokarpen — Pillenkraut (Pilularia), Marsilie (Marsilea), Brachsenkraut (Isoëtes), Salvinie (Salvinia) — von den Monokotyledoneen die Familie der Najadeen — Najade (Najas), Caulinie (Caulinia), Zannichellie (Zanichellia), Wasserriemen (Zostera), Laichkraut (Potamogeton) — von den Dikotyledoneen die Familie der Haloragеen — Tannenwedel (Hippuris), Tausendblatt (Myriophyllum), Wasserstern (Callitriche), Wassernuß (Trapa) — und die Gattung Hörnerblatt (Ceratophyllum). Alle sind Sumpf- oder Wasserpflanzen und kommen darin miteinander überein, daß ihr krautiger Stamm von einem cylindrischen, in dessen Achse liegenden Gefäßbündel durchzogen ist, welches, wie der Kern der Wurzelzasern, von dem Parenchym gleich einer Rinde umgeben wird. Indessen findet in dem Bau des Gefäßbündels selbst manche Verschiedenheit statt. So nehmen entweder die Gefäße genau die Achse des Bündels ein und sind mit einem ununterbrochenen Kreis enger, gestreckter Zellen umgeben, in dem Stengel des Tannenwedels, Tausendblatts, Pillenkrautes und der Marsilie, oder eine mit Gefäßen oder Zellen eingefaßte Lufthöhle liegt in der Achse, wobei zuweilen noch kleinere Höhlen (Luft- oder Saftgänge?) in einfachem oder doppeltem Kreise durch die dichte Zellenmasse des Bündels vertheilt sind, bei den Laichkräutern und dem Hörnerblatt, oder die Gefäße sind gegen den Umfang des centralen Bündels in einen Kreis gestellt bei der Wassernuß. Ueberall durchzieht dieses centrale Bündel auch schon den untern, im Boden versenkten Theil des Stengels, nur daß es hier einen um so geringern Durchmesser hat, je näher es dem Grunde des Stengels liegt.

In den meisten der genannten Pflanzen lassen sich auf ei-

nem Längenschnitt des Stengels die Gefäße in dem centralen Bündel mehr oder weniger deutlich als Spiral- und Ringgefäße erkennen; bei manchen aber, wie bei einigen Laichkräutern, hält es schwer, die Gefäße aufzufinden, da sie hier außerordentlich fein sind; doch zeigt sie das fadenblättrige Laichkraut (Potamogeton pectinatum) deutlich genug, um uns über die Gegenwart derselben bei dieser Pflanzengattung Gewißheit zu geben. Dagegen sind wir für jezt noch in Zweifel über das Vorhandenseyn wirklicher Gefäße bei der Salvinie, wo ein braunes Bündel, scheinbar nur aus verlängerten Zellen bestehend, die Achse des Stengels durchzieht, und bei dem Hörnerblatt, wo die centrale Lufthöhle des engzelligen Stengelkerns nur mit einem Kreise von weiteren, grünen, körnigen Stoff (Chlorophyll) enthaltenden Zellen umgeben ist.

Die übrige Zellenmasse, welche das centrale Bündel des Stengels umgiebt, oder das Parenchym, ist bei allen oben genannten Pflanzen durch Luftgänge unterbrochen, welche bald in mehrfachen Reihen um den Stengelkern herumstehen, wie bei Laichkräutern, dem Tannenwedel und Wasserriemen, bald einen einzigen Kreis bilden, wie bei den übrigen erwähnten Gattungen, wo der Stengel auf seinem Querschnitte meist eine große Aehnlichkeit mit manchen Wurzelzasern, z. B. der Simsen zeigt. Dabei kommen mancherlei zierliche Bildungen vor, wie bei dem ährigen Tausendblatt (Myriophyllum spicatum), wo in dem schönen, mauerförmigen Zellgewebe zwischen den großen Luftgängen zahlreiche Krystalldrusen sich finden, und bei der gewöhnlichen Wassernuß (Trapa natans), wo an den Seiten der Lufthöhlen eine Menge kleiner, kugeliger Zellenschläuche sitzen, deren jeder ebenfalls eine Krystalldruse einschließt.

Während überhaupt in dem Parenchym der Sumpf- und Wasserpflanzen die Luftgänge fast nirgends völlig vermißt werden, wenn sie auch zuweilen, wie bei dem Hörnerblatt, klein und in geringer Anzahl vorhanden sind, weicht das ganz unter Wasser wachsende Brachsenkraut auf eine merkwürdige Weise ab; in dem verkürzten und zum kuchenförmigen Knollen verdickten Stengel desselben (Fig. 108, a) fehlen nämlich die Luftgänge gänzlich, das Parenchym besteht aus gleichförmigen, mit Stärkmehlkörnern erfüllten tessularischen Zellen, der Stengelkern ist in der Mitte des Knol-

lens zu einem rundlichen Knopfe zusammengedrängt, von welchem die zarten Gefäßbündel nach allen Richtungen, in sanften Bogenlinien, strahlig nach den Blättern und Wurzelzasern ausgehen. Dagegen verhalten sich die Blätter in ihrem Bau den Stengeln der übrigen, vorhin erwähnten Pflanzen viel mehr ähnlich, indem dieselben mit einem centralen Bündel durchzogen sind, um welches vier große Luftgänge stehen.

§. 104.

Nachdem wir diejenigen Pflanzen der drei verschiedenen Klassen, welche im innern Bau des Stammes mit einander übereinkommen, abgesondert und für sich betrachtet haben, können wir nun zur Untersuchung derjenigen übergehen, in deren Bau der Typus der Klasse, zu welcher sie gehören, deutlicher ausgesprochen ist. Nur bei den kryptogamischen Gefäßpflanzen ist es nicht möglich, im innern Bau übereinstimmende Merkmale für alle noch hierher gehörigen Familien aufzufinden, und wir müssen deßwegen die leztern einzeln und jede für sich, hinsichtlich des innern Baues ihres Stammes, in Kürze kennen lernen, was um so eher geschehen kann, da ihrer nur noch vier, nämlich die Familie der Lykopodiaceen (Bärlappe), der Equisetaceen (Schafthalme), der Farne und der Ophioglosseen zu betrachten übrig sind.

Der Stengel der Lykopodiaceen verhält sich in seinem innern Bau dem der bereits beschriebenen Wasserpflanzen darin gleich, daß derselbe ein einziges, die Achse durchziehendes Gefäßbündel enthält; er unterscheidet sich aber auffallend dadurch, daß das umgebende Parenchym keine Lufthöhlen besizt, sondern einen gleichförmigen Zusammenhang zeigt und nur zunächst um den Stengelkern und im Umfang des Stengels aus kleineren Zellen gebildet ist und darum hier dichter erscheint. Das Bündel selbst enthält zu innerst die Gefäße, welche zwischen dünnwandigen Zellen liegend und von diesen umgeben in verschiedene Partieen vertheilt sind, wodurch bei den verschiedenen Arten der Bärlappe auf dem Querdurchschnitte des Stengels mancherlei zierliche Figuren entstehen [1]). Bei den meisten Arten ist im Umfang dieses Kerns noch ein Kreis von sehr engen, dickwandigen Bastzel-

[1]) Bischoff, kryptogam. Gew. Lief. 2, Tab. 12. Fig. 44, 48 u. 49.

len vorhanden; doch giebt es auch Arten, welche, wie der Tannenbärlapp (Lycopodium Selago), einen blos aus netzförmigen und unabrollbaren Spiralgefäßen bestehenden Stengelkern besitzen [1]). Vorzüglich bei den Bärlappen läßt sich das Abgehen der kleinern Gefäßbündel von dem Stengelkern, so wie ihr weiterer Verlauf bis zu ihrem Eintritt in die Blätter und Aeste [2]) sehr gut verfolgen, was bei den übrigen mit einem centralen Gefäßbündel versehenen Pflanzen weniger leicht geschehen kann. Der Stengel des Tannenbärlapps ist noch vorzüglich darum bemerkenswerth, weil sein Parenchym aus cylindrischen Zellen besteht, die sich seitlich leicht von einander trennen und dadurch einen schönen Beweis für die früher erklärte Entstehung des Zellgewebes liefern.

Ganz verschieden finden wir den innern Bau des Stengels bei den Equisetaceen. Hier nimmt eine große Lufthöhle die Achse des Stengels ein, um welche kleinere Luftgänge, mit einander abwechselnd, in zwei concentrischen Kreisen gestellt sind [3]). Die Gefäße sind nicht bündelweise geordnet, sondern umgeben ringförmig die kleinern Luftgänge des innern Kreises, und indem sie bei manchen Arten, z. B. dem Ackerschafthalm [4]), auch zwischen diesen Lufthöhlen in einer Reihe gestellt sind, bilden sie zugleich um den ganzen innern Lufthöhlenkreis einen ununterbrochenen Ring, wodurch das die größeren Luftgänge des äußeren Kreises enthaltende Parenchym gleich einer Rindenlage abgegrenzt wird. Auffallend und für diese Familie sehr bezeichnend ist es, daß hier nur Ringgefäße, selten mit unvollständigen Spiralgefäßen wechselnd, angetroffen werden. Bei den Schafthalmarten mit grünem Stengel liegen im Umfang desselben, unmittelbar unter der Oberhaut, Bastbündel, mit Partieen von grünem Zellgewebe, welche auf dem Querschnitte meist halbmondförmig erscheinen, abwechselnd und hauptsächlich die vorspringenden Kanten des Stengels einnehmend [5]), wodurch auch alle grünen Schafthalmstengel weiß gestreift erscheinen; in dem weißen Stengel des Flußschafthalms [6]) dagegen fehlen die grünen Zellenmassen

---

[1]) Bischoff, kryptogam. Gew. Lief. 2. Tab. 12. Fig. 39 u. 41. — [2]) Das. Fig. 40. — [3]) A. a. O. Lief. 1. Tab. 5. Fig. 35, 43, 44 u. 45. — [4]) Das. Fig. 32 u. 33. — [5]) Das. Fig. 33, Fig. 42—44. — [6]) Das. Fig. 45.

und unter der Oberhaut liegt ein ununterbrochener Ring von Baſtzellen, welcher eben die weiße Farbe bedingt; in den Quirläſten tritt aber, wie bei allen übrigen Schafthalmen, ebenfalls das grüne Zellgewebe neben den die Kanten einnehmenden Baſtbündeln auf. Bemerkenswerth iſt es, daß die ſehr dicke und feſte Oberhaut der Schafthalme nur da, wo ſie die grünen Zellenmaſſen überkleidet, mit Spaltöffnungen verſehen iſt, während dieſelben an den Stellen, wo die Baſtbündel liegen, fehlen; daher iſt dann auch auf dem weißen Stengel des Flußſchafthalms keine Spur von Spaltöffnungen vorhanden und nur an den grünen Aeſten treten ſie bei dieſer Pflanze in großer Menge auf. In dem weit unter dem Boden verzweigten Stengel der Schafthalme fehlt in einer gewiſſen Tiefe unter der Erde die große Luftröhre in der Achſe, indem hier nur die beiden Kreiſe der kleineren Luftgänge vorhanden ſind [1]); dabei fehlen auch die Baſtbündel unter der Oberhaut und die ganze Maſſe des unterirdiſchen Stengels beſteht aus einem gleichförmigen, mit Stärkmehlkörnern erfüllten Parenchym, in welchem die Gefäße in derſelben Ordnung wie in dem oberirdiſchen Stengel geſtellt ſind. Hier beſizt die gelbbraune, mit zahlreichen Wurzelhaaren beſezte Oberhaut ebenfalls keine Spaltöffnungen.

Unter den kryptogamiſchen Gefäßpflanzen ſind die Farne durch den in mancher Hinſicht eigenthümlichen innern Bau ihres Stammes beſonders merkwürdig. Hier kommt nämlich eine im Allgemeinen mehr ſymmetriſche Stellung der Gefäßbündel vor, welche gewöhnlich nur einen mehr oder weniger gegen den Umfang liegenden Ring bilden und von einer Rindenlage umgeben ſind, die eine ſehr verſchiedene Dicke hat. In den dünneren, unter der Erde oder an deren Oberfläche liegenden Stämmen der inländiſchen Farne iſt gewöhnlich nur dieſer einzelne Gefäßbündelkreis vorhanden, aber in den größern, über die Erde ſich erhebenden Stöcken der tropiſchen Arten ſieht man auf einem Querdurchſchnitte noch zahlreiche kleinere Gefäßbündel innerhalb und zunächſt jenem Ringe zerſtreut in dem von ihm umſchloſſenen, eine weite Markröhre darſtellenden Parenchym, welches häufig im Alter verſchwindet und je nach der Stärke des Stammes und

[1]) Biſchoff a. a. O. Fig. 32 u. 31.

der Dicke des Gefäßbündelkreises eine größere oder kleinere Höhlung zurückläßt. Die einzelnen Gefäßbündel des Kreises sind gewöhnlich sehr groß, sie bestehen aus vielen unmittelbar neben einander liegenden Gefäßen, von meist sehr bedeutendem Durchmesser und einer durch den gegenseitigen Druck hervorgebrachten scharfeckigen Begrenzung, und werden von einer spärlichen Lage wenig gestreckter Zellen oft nur auf einer Seite umkleidet. Auf dem Querschnitte der baumartigen Farnstöcke bilden die Schnittflächen dieser Gebäßbündel halbmondförmige oder geschlängelte Figuren, wodurch die ganze Schnittfläche des Gefäßbündelringes einen meist regelmäßigen Umriß erhält; diese Bildung wird noch mehr in die Augen fallend durch die dicken, dunkelbraunen Zellgewebsschichten, welche die helleren Gefäßbündel überall begleiten und wie eine Scheide von allen Seiten umgeben; auch in dem unterirdischen Stock des Adlerfarns (Pteris aquilina) und einiger andern inländischen Arten kommen diese braunen Partien um und zwischen den Gefäßbündeln vor, während sie bei andern inländischen, z. B. bei dem männlichen Schildfarn (Aspidium Filix mas) und dem Engelsüß (Polypodium vulgare) weniger deutlich sind oder ganz fehlen, so wie überhaupt bei den krautigen Farnen die Gefäßbündel nicht mehr die Ausdehnung und die zierlich gebogenen Schnittflächen zeigen, sondern auf dem Querschnitte mehr rundliche oder ovale Figuren bilden.

Wenn man den Längenverlauf der Gefäßbündel oder ihren Zug parallel mit der Achse des Stammes untersucht, so findet man als ein ausgezeichnetes Merkmal des Farnstocks, daß die Gefäßbündel unter einander netzartig verbunden sind. Dieses ist besonders in dem ästigen, weit unter der Erde hinkriechenden Stocke des Adlerfarns sehr deutlich zu erkennen, nachdem man die leicht ablösbare Rindenlage getrennt hat. Bei baumartigen Stöcken, in welchen sich eine Markhöhle gebildet hat, läßt sich dieser Verlauf der Gefäßbündel ebenfalls leicht verfolgen, wenn man den Stock der Länge nach spaltet und dann von der innern Seite betrachtet; hier, wo die großen Gefäßbündel sich noch mehr aneinander schließen und einen zusammenhängenden, hohlen Cylinder bilden, treten sie nur da auseinander und bilden senkrechte Spalten, wo die Massen kleinerer Bündel, welche innerhalb des Gefäßbündelringes liegen, sich nach Außen biegen, um in die

Blätter überzugehen; aber auch von den großen Gefäßbündeln des Ringes lösen sich kleinere Bündel, gleich kurzen Aesten, ab, und gehen mit in die Blätter über. Die Massen kleinerer Gefäßbündel sieht man vor ihrem Eintritt in die Blätter ebenfalls netzartig verbunden. In den mehr krautigen Stöcken unserer Farne, wo meistens, wie bemerkt, nur ein einzelner Gefäßbündelkreis vorhanden ist, sieht man auch nur die von diesem nach Außen sich ablösenden Aeste in die Blattstiele übergehen. Es sind also hier keine neuen, unabhängig von den ältern und außerhalb dieser entstehenden Bündel, welche in die Blätter eingehen, wie bei den Monokotyledoneen, sondern nur kurze Aeste, welche die nahe am Umfange liegenden Gefäßbündel ausschicken, wozu bei den baumartigen Farnen noch die kleinern weiter nach Innen liegenden Bündel sich gesellen. Die Gefäßbündel des Farnstammes enthalten, als die bei Weitem vorherrschende Form, Netzgefäße in ihren beiden Abänderungen (Treppen- und punktirten Gefäßen) und es scheinen gar keine abrollbaren Spiralgefäße und Ringgefäße in denselben vorzukommen.

Was die kleine Familie der Ophioglosseen — Mondraute (Botrychium), Natterzunge (Ophioglossum) und Wurmähre (Helminthostachys) — betrifft, so zeigt ihr meist verkürzter und unter dem Boden versenkter wurzelähnlicher Stock im Allgemeinen einen dem Farnstocke verwandten innern Bau; wenigstens sieht mau bei unsern inländischen Arten (Ophioglossum vulgatum und Botrychium Lunaria) ebenfalls nur einen einzigen Kreis von Gefäßbündeln oder einen zusammenhängenden Gefäßring, welchem jedoch die umgebende braune Zellenlage fehlt, während das Parenchym des Stockes aus stärkmehlhaltigen Zellen besteht. Der über die Erde sich erhebende stengelartige Theil dieser Pflanzen ist nur als eine Verschmelzung von Blattstiel und Fruchtschaft zu betrachten und schließt sich auch in seinem innern Bau mehr oder weniger den Blattstielen der Farne an.

§. 105.

In den Stämmen der Monokotyledoneen stehen in den meisten Fällen die Gefäßbündel, jedes von tessularischem Zellgewebe rings umgeben, von einander getrennt und im Parenchym zerstreut. Dabei sieht man auf dem Querdurchschnitte dieser Stämme die Gefäßbündel gegen den Umfang hin gewöhnlich klei-

ner, näher beisammenstehend und einen mehr oder weniger deutlichen Kreis bildend, während die inneren größeren Bündel weiter auseinander liegen, und, obgleich auch eigentlich in Kreisen stehend, den Anschein haben, als ob sie ohne Ordnung in der Zellenmasse des Stammes vertheilt wären. Eben so ist in der Regel im Umfang zunächst unter der Oberhaut das Parenchym aus kleinern Zellen gebildet und wird gegen die Achse weitzelliger, dadurch entsteht bei denjenigen Stämmen, deren äußerer Gefäßbündelkreis von dem Umfange etwas entfernt ist, eine Art von Rindenlage, wie bei dem verlängerten Baumwurzler (Epidendron elongatum), im untern Theil des Halmes bei dem gemeinen Thräuengras (Coix Lacryma) und im Stamme des geöhrten Kaladiums. Oft kommen aber auch unmittelbar unter der Oberhaut sehr verengerte und gestreckte Zellen (Bastzellen) vor, welche entweder in getrennten Bündeln, wie in den oberen Halmgliedern des Thränengrases, oder in einem ununterbrochenen Kreise stehen und einen zusammenhängenden Bastring bilden, wie bei dem erwähnten Kaladium. Schon aus diesem Bau wird es erklärlich, warum selbst die krautigen Stämme der Monokotyledoneen im Umfange eine festere Konsistenz haben als gegen ihre Achse hin. In den mehr fleischigen Stämmen der Irideen, Liliaceen, Orchideen, Aroideen u. a. m. sind die Gefäßbündel bis in oder nahe gegen die Achse hingestellt und hier bleibt auch das Parenchym des Stammes, so lange er lebt, überall frisch und lebendig; es ist kein Mark zu unterscheiden. In den weniger saftigen Stämmen aber, namentlich der Gräser, Cyperaceen und Simsen, sind die Gefäßbündel meist mehr gegen den Umfang hin gedrängt, und stehen gegen die Achse hin sehr einzeln oder fehlen daselbst ganz. Da hier das lockere Zellgewebe, welches das Innere des Stammes einnimmt, nur in den jüngern Trieben Saft enthält, später aber absirbt und austrocknet, so entsteht bei diesen Pflanzen in den ältern Theilen des Stammes eine deutliche, wenn auch nicht immer scharf begrenzte Markröhre, die im Halme der Cyperaceen und Simsen meist einen sehr bedeutenden Durchmesser hat; wenn dabei der Halm in seinem noch saftreichen Umfange sich vergrößert, so werden die Zellen der Markröhre auseinander gerissen und es entsteht eine Höhlung, deren Wände jedoch immer mit dem abgestorbenen und zerrissenen Zellgewebe ausgeklei-

det sind, wie man dieses in den Interfoliartheilen der Mehrzahl der Gräser sieht. Wenn das Mark nur stellenweis verschwindet und in gewissen Zwischenräumen in Form von querüber gespannten Lamellen stehen bleibt, so wird die Markröhre querfächerig, wie bei der meergrünen Simse (Juncus glaucus). Diese Querwände dürfen indessen nicht mit jenen verwechselt werden, welche in den Knoten der Gräser und in den Gelenken anderer Monokotyledoneen mit hohlen Stengeln die Höhlungen der Interfoliartheile trennen, da bei diesen häufig Gefäßbündel in die Querwände eingehen und sich darin nach verschiedenen Richtungen vertheilen.

Die krautigen Stämme der im Wasser oder in Sümpfen wachsenden Pflanzen überhaupt enthalten, wie schon mehrmals bemerkt worden, zahlreiche Luftgänge. Diese kommen bei Monokotyledoneen entweder ohne Ordnung durch die ganze innere Substanz des Stammes vor und bilden sogenanntes zusammengesetztes Zellgewebe (§. 11), bei Simsen, oder sie stehen in einem Kreise gegen den Umfang, wie bei dem gemeinen Rohrschilf (Phragmites communis), wo sie jedoch nur in den untern Interfoliartheilen des Halmes vorkommen, mit lockerem, später verschwindendem Zellgewebe ausgefüllt und durch einen zusammenhängenden Bastring von dem weiter gegen die Achse hin liegenden Parenchym getrennt sind, dann bei der Strandbinse (Scirpus maritimus), wo ihre zahlreichen Querwände aus äußerst zierlichen strahligen Zellen gebildet werden, während die ganze innere Masse des Halms ebenfalls aus zusammengesetztem Zellgewebe besteht.

Wenn wir die krautigen Stämme der Monokotyledoneen, so weit dieselben unter der Erde befindlich sind, untersuchen, so finden wir zwar in Bezug auf die Stellung der Gefäßbündel so ziemlich dieselben Verhältnisse wieder, wie bei den über dem Boden befindlichen Stämmen, aber sie treten doch dabei wieder auf verschiedene Weise modificirt auf und oft verhält sich der innere Bau der unter der Erde versenkten Theile anders als der ans Licht hervortretenden. So sind bei manchen ursprünglich an feuchten Stellen wachsenden Pflanzen, namentlich bei Cyperaceen, deren grüne Halme entfernte Gefäßbündel enthalten, die Gefäße in den unter dem Boden liegenden Aesten oder den Stocksprossen noch zu einem einzigen, die Achse einnehmendch, dichten Bündel

vereinigt. Daher zeigen dann solche verdünnte Aeste auf dem Querschnitt eine große Aehnlichkeit mit den Wurzelzasern; bei dem runden und dem eßbaren Cypergras oder der Erdmandel (Cyperus rotundus, C. esculentus) ist sogar noch in den knolligen Verdickungen dieser unterirdischen Aeste ein Kreis von Bastzellen vorhanden, der den Umfang des freilich sehr erweiterten Kerns bezeichnet, in welchem die Gefäße weiter auseinander gerückt und, so wie im ganzen übrigen Knollen, alles Zellgewebe in stärkmehlhaltiges Parenchym umgewandelt worden; bei der Strandbinse dagegen löst sich der Gefäßkern der Stocksprosse sogleich bei seinem Eintritt in die knolligen Verdickungen in einzelne, durch das ganze, äußerst regelmäßig tessalarische Zellgewebe zerstreute Gefäßbündel auf; bei dieser Pflanze ist eigentlich die ganze feste Masse des Knollens als der erweiterte Gefäßkern zu betrachten, da um dieselbe, wie in der verdünnten Stocksprosse, eine weiße, markig schwammige Rindenlage aus luftführendem, zusammengesetztem Zellgewebe liegt, die im Knollen nur einen verhältnißmäßig geringern Durchmesser hat. In den unterirdischen Halmen anderer Cyperaceen, z. B. der Riedgräser, kommt zwar kein dichter Gefäßkern, aber ein eng geschlossener oder selbst ununterbrochener Kreis von Gefäßbündeln vor, eine Zellenmasse umschließend, in welcher mehr oder weniger getrennte Gefäßbündel liegen, wodurch auf dem Querschnitte dieser Halme ebenfalls das Ansehen von Wurzelzasern (wie wir diese unter andern bei der kleinen Zwergpalme kennen lernten) hervorgebracht wird; als Belege dafür mögen die unterirdischen Halme des kurzhaarigen und Sand-Riedgrases (Carex hirta, C. arenaria) dienen, von welchen die des leztern auch noch deßwegen bemerkenswerth sind, daß sie, obgleich einer in dem trocknen Sandboden wachsenden Pflanze angehörig, in ihrer Rinde einen Kreis von großen Lufthöhlen enthalten *).

*) Die auffallende Aehnlichkeit im Bau der dünnen Stocksprossen der genannten Pflanzen mit dem der Wurzelzasern deutet offenbar auf sehr nahe Verwandtschaft und gleiche physiologische Verrichtungen beider hin; aber demungeachtet sind die erstern doch immer in morphologischer Beziehung als wahre Stammtheile, durch die früher angegebenen Merkmale, namentlich durch das Daseyn der Blattscheiden, leicht zu unterscheiden.

Weniger verschieden zeigt sich der innere Bau der unter und über dem Boden befindlichen Theile des Halms der Gräser und wir sehen, um nur einige Beispiele anzuführen, in dem Halme des Queckenweizens und des gemeinen Schilfrohrs den Bastkreis, welcher in den jüngsten Theilen des grünen Halmes ganz nach Außen und zunächst unter der Oberhaut liegt, in den ältern Theilen immer mehr vom Umfange zurücktreten, bis er in den Stocksprossen am Weitesten davon entfernt ist, wodurch die Andeutung einer Rindenlage entsteht, welche aber bei dem Schilfrohr zwischen den großen Lufthöhlen noch Gefäßbündel enthält, während bei beiden erwähnten Gräsern innerhalb des gedachten Bastkreises, durch das Absterben und theilweise Verschwinden des Zellgewebes, eine hohle Markröhre sich bildet.

Bei den krautigen Pflanzen der meisten übrigen Familien der Monokotyledoneen sind die Gefäßbündel ebenfalls in dem unterirdischen Stamm auf ähnliche Weise, wie in dem oberirdischen, vertheilt, d. h. sie bilden weder einen centralen Kern noch einen zusammenhängenden Ring zwischen dem Umfang und der Achse, wiewohl in vielen Fällen doch die äußersten Gefäßbündel mehr genähert sind und dadurch mehr oder minder bestimmt die Andeutung einer Rindenlage gegeben ist, wie in dem knolligen, versenkten Stamme der Schwertlilien und mancher Scitamineen (Hedychium, Curcuma); auch in dem Zwiebelstock der Lauchharten und anderer Zwiebelgewächse kommt eine ähnliche Gruppirung der Gefäßbündel vor, nur daß hier wegen der sehr verkürzten oder gänzlich fehlenden Interfoliartheile die Gefäßbündel viel häufiger in schiefer oder fast wagrechter Richtung, in geschlängelten Zügen nach dem Umfange hinlaufen, wodurch auf dem Querschnitte die Stellung der Gefäßbündel mehr unregelmäßig erscheint. In allen unter dem Boden befindlichen Stämmen, namentlich in den knollig verdickten, findet man das Zellgewebe des Parenchyms mit Stärkmehlkörnern oder Schleim erfüllt.

Der holzige Stamm der Monokotyledoneen stimmt in seinem innern Bau im Wesentlichen mit denjenigen Formen des krautigen, unter dem Boden befindlichen Stammes überein, welche entfernte und in dem Parenchym zerstreute Gefäßbündel enthalten. Bei seiner längeren Dauer erzeugen sich natürlicher Weise zahlreichere Gefäßbündel in demselben, welche dann oft in solcher

Menge vorhanden sind, daß das Parenchym nur noch in schmalen Schichten die Zwischenräume erfüllt, die jedoch alle unter sich im Zusammenhange bleiben; da hierbei gerade so, wie in den krautigen Stämmen, die Gefäßbündel gegen den Umfang dichter gestellt sind, so entsteht dadurch ein festerer, jedoch selten scharf begrenzter Ring, der bald unmittelbar unter der Oberhaut liegt, wie bei den Stechwinden (Smilax) und dem Bambusrohr, bald mehr oder weniger vom Umfang entfernt ist, wie bei der aloeblättrigen Yukke (Yucca aloifolia) (Fig. 75, c) und manchen Palmen [1]), wo dann eine dünne Rindenlage diesen festern Ring umgiebt. In den Bündeln des eben erwähnten Ringes bilden die Bastzellen die größere Masse und meist sind nur wenige und feine Gefäße darin zu erkennen, oder diese fehlen ganz und man sieht dann blose Bastbündel mit den Gefäßbündeln wechseln. Oft ist auch die Rinde selbst nach Außen aus einer festern Lage von dickwandigen tessularischen Zellen gebildet, wie in dem kleinen spanischen Rohr (Calamus dioicus) und mehreren andern Palmen [2]). In allen diesen Fällen aber wird es aus dem hier beschriebenen Bau erklärlich, warum der holzige Stamm der Monokotylodoneen in seinem Umfang fester und härter ist als in seinem Innern, wobei, namentlich wenn die Gefäßbündel nicht bis zur Achse hin vorkommen, das Zellgewebe von Innen heraus früher oder später abstirbt und der Stamm, wie dieß auch schon bei manchen krautigen Pflanzen (z. B. den Gräsern) der Fall ist, hohl wird.

So weit läßt sich der innere Bau des Stammes der Monokotyledoneen aus den Querdurchschnitten desselben beobachten; wir können daraus die gegenseitige Lage der Elementarorgane und zum Theil auch ihre verschiedene Bildung, besonders in Bezug auf den Breitedurchmesser, erklären. Wollen wir aber dieselben ihrer ganzen Form und ihrem wahren Verlaufe nach kennen ler-

---

[1]) Hugo Mohl, de Palmarum structura. Tab. A. Fig. 1, i k: Astrocaryum vulgare. Tab. C. Fig. 1, g h: Onocarpus minor. Fig. 2, k: Mauritia armata.

[2]) H. Mohl a. a. O. Tab. A. Fig. 1, b: Astrocaryum vulgare. Fig. 2, a u. Fig. 4, a: Cocos botriophora. Tab. C. Fig. 4, a: Leopoldiniapulchra.

nen, so müssen wir auch die Längendurchschnitte des Stammes vergleichen, und dabei bleibt uns als die wichtigste, für unsern Zweck noch übrige Aufgabe, den Zug der Gefäßbündel durch den Stamm von ihrem Anfange bis zu ihrem Austritt in die Aeste und Blätter zu verfolgen. Hier finden wir dann, daß im Allgemeinen die jüngsten Gefäßbündel im Grunde des Stammes nach Außen und dem Umfang am nächsten liegen, und daß bei dem zunehmenden Alter der Pflanze sich auch die Zahl dieser Bündel vermehrt, indem sich immer die jüngern außerhalb der schon vorhandenen bilden. Da nun bei der Entstehung derselben, also in ihren untern Enden, zuerst nur Bast- und Holzzellen vorhanden sind und erst, während sie höher in den Stamm hinaufsteigen, die Bildung von Gefäßen hinzutritt, so wird dadurch erklärlich, warum man auf dem Querschnitt im Umfange des Monokotyledoneen-Stammes gewöhnlich nur Bündel von gestreckten Zellen ohne Gefäße sieht, welche um so dünner sind, je näher sie dem Umfange liegen, weil in den meisten Fällen die Gefäßbündel bei ihrer Entstehung einen äußerst geringen Durchmesser haben und selbst in dem baumartigen Stocke der Palmen an ihren untersten Enden nicht dicker als ein Haar sind. Von ihrem Ursprunge an steigen die Gefäßbündel nicht gerade senkrecht und parallel mit der Achse des Stammes auf, sondern ziehen sich allmälig in schiefer Richtung nach Innen gegen die Achse, von wo aus sie in einem bald leichtern bald stärkern Bogen sich wieder gegen den Umfang hinwenden, um in die Blätter und Aeste überzugehen. Es müssen also bei den mit scheidigen Blättern versehenen Stämmen die Gefäßbündel, welche zu einem untern Blatte übergehen, von ihrer Basis aus verfolgt, zusammen die Form eines mehr oder weniger gestreckten Kegels beschreiben, der aber nicht nach oben geschlossen, sondern über seiner Spitze wieder trichterförmig erweitert ist. Denken wir uns nun, wie es wirklich der Fall ist, einen gleichen Verlauf der Gefäßbündel von unten an zu jedem der oberen Blätter, so müssen die zu einem höher stehenden Blatt ebenfalls gegen die Achse des Stammes schief aufsteigenden Bündel jedesmal die zu einem tiefer stehenden Blatte nach Außen sich umbiegenden Bündel in einem Winkel durschneiden, der um so größer und mehr in die Augen fallend seyn wird, je stärker der Bogen selbst ist, welchen die Bündel bei ihrem Austreten in das Blatt bil-

den. Bei dünnen Stämmen mit sehr langen Interfoliartheilen ist diese Durchkreuzung weniger augenfällig, da sie hier nur unter sehr spitzen Winkeln geschehen kann; sie wird dagegen um so deutlicher, je dicker der Stamm ist und je näher die Blätter übereinander stehen; am auffallendsten ist sie bei dem schaftartigen Gelbharzbaum (Xanthorrhoea Hastile) in Neuholland, wo die in die dicht übereinander stehenden Blätter übergehenden Gefäßbündel sich von der Achse aus plötzlich und so stark nach Außen biegen, daß sie auf dem Querschnitte des Stockes wie die Markstrahlen eines dikotyledonischen Holzstammes aussehen [1]). Aber auch in den baumartigen Stämmen anderer Monokotyledoneen ist diese Durchkreuzung und daraus der dieselbe verursachende, eigenthümliche Verlauf der Gefäßbündel deutlich zu erkennen; so unter andern in dem Stocke der Yucca- und größern Aloe-Arten, besonders aber in den dickeren Stöcken der Palmen [2]). In den leztern sind die Gefäßbündel an ihrem untern Ende, wo sie nur enge gestreckte Zellen enthalten, immer sehr dünn, sie schließen sich nicht aneinander und bilden daher keinen zusammenhängenden Kreis; bei den Drachenbäumen (Dracaena) aber sind auch die untern, blos aus gestreckten Zellen bestehenden Enden der Gefäßbündel dick, liegen sehr dicht neben einander und verbinden sich sogar von den Seiten netzförmig untereinander, wodurch zwei deutlich geschiedene Lagen entstehen, deren innere weich und mit zerstreuten Gefäßbündeln durchzogen, die äußere aber fest und dicht und dem Bastkreise des dikotyledonischen Holzstammes ähnlich ist. Doch unterscheidet sich diese feste Zellenlage, so wie der scheinbare Bastring mancher andern Monokotyledoneen, von dem Bastkreise der Dikotyledoneen wesentlich dadurch, daß sie nicht aus den nach Außen liegenden gestreckten Zellen vollständiger Gefäßbündel, sondern aus den untersten, noch keine Gefäße enthaltenden, Enden dieser Bündel gebildet wird. In dem Halm der Gräser, in welchem meistens eine weite Markhöhle vorkommt, während das die Gefäßbündel enthaltende Parenchym

---

[1]) De Candolle, Organogr. végét. Tab. 7 u. 8. — [2]) H. Mohl, de Palmar. struct. Tab. Q. Fig. 2 u. 3, aus Cocos nucifera. (In Fig. 5 daf. ist durch eine ideale Abbildung der Verlauf der Gefäßbündel durch den ganzen Stock veranschaulicht.)

einen geringen Durchmesser hat, ist die Durchkreuzung der Bündel in den Internodien kaum bemerkbar; aber in den Knoten des Halms bilden die Gefäßbündel ein vielfach verschlungenes Netz, aus welchem dann die Gefäßbündel für die Blätter und Aeste entspringen; nur wenige aus dem Internodium aufsteigende Bündel verzweigen sich nicht und gehen unverändert durch den Knoten in das obere Internodium über. Diese Verflechtung der Gefäßbündel ist vorzüglich in den Knoten der größern Gräser, z. B. des Bambusrohrs, des Mays [1]) und besonders schön in den Querwänden des unterirdischen Halms des gemeinen Rohrschilfs (Phragmites communis), zu sehen. Dadurch aber, daß die Gefäßbündel des Halms nicht direct in die Blätter und Aeste übergehen, sondern zuvor in den Knoten das erwähnte Geflechte bilden, unterscheiden sich die Gräser hauptsächlich von den Palmen und den übrigen, mit einem knotenlosen Stamme versehenen Monokotyledoneen. In den Stämmen der Monokotyledoneen, welche blattwinkelständige Knospen bringen, wie bei dem gehörnten Kaladium und dem verlängerten Baumwurzler, entstehen die Gefäße für die Knospe aus den im Umfang des Stammes liegenden Gefäßbündeln, und da schon in dem sehr verkürzten, dem Stamm noch eingesenkten, Knospengrunde der oben beschriebene zuerst einwärts, dann auswärts gehende Zug der zarten, in die Knospenblättchen gehenden Gefäßbündel angedeutet ist, so sieht man diese auch hier schon in mannigfachen Richtungen sich durchkreuzen, während das Parenchym der Knospe mit dem der Mutterpflanze in allseitigem Zusammenhange steht.

Die vorherrschenden Formen der Gefäße bei den Monokotyledoneen sind die netzförmigen; sie lassen sich meist schon auf dem Querdurchschnitte des Gefäßbündels aus ihrem größern Durchmesser erkennen; wenn sie in Gesellschaft von Spiral- und Ringgefäßen auftreten (von welchen aber namentlich die leztern auch häufig fehlen), so liegen sie gegen den Umfang des Stammes hin, hinter ihnen nach der Achse des Stammes zu die kleinern Spiralgefäße und hinter diesen die noch kleinern Ringgefäße. Besonders zeichnen sich die Gräser durch eine sehr regelmäßige Stellung der Gefäße innerhalb der einzelnen Gefäßbündel aus, was man bei den größern

---

[1]) H. Mohl, de Palmar. struct. Tab. Q. Fig. 1.

Arten (vorzüglich dem Bambusrohr) auf dem querdurchschnittenen Halm schon bei geringer Vergrößerung sehen kann. Indessen giebt es auch mancherlei Abweichungen von der eben beschriebenen Anordnung der Gefäße in dem Gefäßbündel; einige der auffallendsten finden sich im Stamme bei dem Zungen-Mäusedorn (Ruscus Hypophyllum) [1]), wo die größeren punktirten Gefäße nach Innen und die Spiralgefäße gegen den Umfang hin liegen; bei dem gemeinen Froschlöffel (Alisma Plantago) [2]) und dem gemeinen Pfeilkraut (Sagittaria sagittifolia) [3]), in deren Gefäßbündeln zu hinterst eine große (lufthaltende?) Höhle, ohne eigene Membran, liegt, vor welche die Gefäße in eine Bogenlinie gestellt sind; ferner in dem Stamme des geöhrten Kaladiums (Caladium auritum), wo die Gefäße eines jeden Gefäßbündels einen geschlossenen Kreis bilden und ein Bündel gestreckter, mit trüblichem Safte erfüllter Zellen umgeben. *)

---

[1]) H. Mohl, de Palmar. struct. Tab. H. Fig. 8. — [2]) Daf. Fig. 7. — [3]) Daf. Fig. 12.

*) Diese gestreckten Saftzellen sind es, welche zuerst von H. Mohl genauer erkannt, und, wie früher (S. 35 in der Bemerk.) schon erwähnt ist, eigene Gefäße (Vasa propria) genannt wurden. Da sie aber vielmehr dem Zellensystem angehören und die meisten Schriftsteller unter den eigenen Gefäßen die (§. 9) beschriebenen Saftgänge verstehen, so kann diese Benennung leicht zu Mißverständnissen führen; darum möchte es räthlicher seyn, dieselben als eigene Saftzellen zu bezeichnen.

Nach Mohl's trefflichen Beobachtungen (a. a. O. §. 23 — 31. Tab. G. und H.) lassen sich in den Gefäßbündeln nicht blos der Monokotyledoneen, sondern auch der meisten Dikotyledoneen, drei verschiedene Massen unterscheiden: der Bast, das Saftzellenbündel und der Holzkörper. Diese drei Partien sind immer so gestellt, daß der Bast gegen den Umfang, der Holzkörper gegen die Achse des Stammes hin und das Saftzellenbündel zwischen beiden eingeschlossen liegt. Der Bast besteht aus dickwändigen gestreckten Zellen mit schiefen Endflächen; die Saftzellen bilden theils weitere, theils engere, sehr dünnwändige, prismatische Röhren mit meist horizontalen Endflächen; der Holzkörper besteht aus den Gefäßen und den diese von allen Seiten umgebenden Holzzellen, welche bei Monokotyledoneen meist dünnwändig, mit horizontalen Endflächen versehen und dadurch leicht von den Bastzellen zu unterscheiden, bei Dikotyledoneen aber, wenigstens in den holzigen Stämmen, zum Theil ebenfalls mit dicken Wänden und schiefen Endflächen ver-

§. 106.

Der Stamm der Dikotyledoneen ist von dem der monokotyledonischen Pflanzen dadurch verschieden, daß die Gefäßbündel desselben regelmäßig nebeneinander gestellt sind und auf dem Querdurchschnitte einen Ring bilden, welcher mit dem Umfange des Stammes mehr oder weniger gleichlaufend ist. Dadurch wird die ganze Substanz des Stammes in deutlich begrenzte, einander umschließende Massen abgetheilt, wovon die außerhalb des Gefäßbündelringes liegende die Rinde und die innerhalb desselben befindliche das Mark bildet; da aber auch hier, wie bei den Monokotyledoneen, in den einzelnen Gefäßbündeln nach Außen der Bast und nach Innen der Holzkörper als deutlich begrenzte Lagen erkannt werden, so kann man in dem Gefäßbündelring selbst noch den Bast- und Holzring unterscheiden; Rinde, Bast, Holz und Mark sind also die vier, den Dikotyledoneenstamm in deutlicher ringförmiger Begrenzung bildenden, organischen Systeme, welche zwar auch schon in dem Stamm der Monokotyledoneen angedeutet, aber nie so bestimmt von einander geschieden sind. Von den kryptogamischen Gefäßpflanzen (den Farnen, Ophioglosseen und Schafthalmen), welche ebenfalls ringförmig gestellte Gefäßbündel besitzen, unterscheiden sich die Dikotyledoneen durch das Daseyn des den Holzring unmittelbar umgebenden Bastringes, der in jenen Gewächsen entweder ganz fehlt, oder, durch eine breite Parenchymlage von dem Gefäßbündelring getrennt, unmittelbar unter der Oberhaut liegt. Es wird sich der innere Bau des Dikotyledoneenstammes am besten erklären lassen, wenn wir die einzelnen concentrischen Lagen desselben für sich untersuchen, ohne dabei ihre mehrfache Beziehung zu einander aus dem Auge zu verlieren.

Die Rinde (Fig. 61, bb. Fig. 62*, aa. Fig. 63, aa), welche bei den krautigen Stämmen und den jüngern Trieben und Aesten der

---

sehen und daher den Bastzellen ähnlicher sind. Die gestreckten Saftzellen kommen nur in den Gefäßbündeln vor und sind wohl von den Saftgängen zu unterscheiden, welche außerhalb der Gefäßbündel, in dem Zellgewebe der Rinde und des Markes liegen. Nur bei wenigen Monokotyledoneen, z. B. bei Hippuris und Alisma, fehlen die eigenen Saftzellen in den Gefäßbündeln.

Holzstämme von der Oberhaut überdeckt ist und zunächst den Bast umgiebt, besteht ganz aus Zellgewebe, dessen Zellen im Umfang enger und häufig mehr gestreckt, gewöhnlich auch gegen den Bast hin allmälig kleiner werden und in der Mitte der Rinde am weitesten sind. In Stengeln, welche stark vorspringende Kanten oder erhabene Längsstreifen haben, wie bei den Labiaten und Gänsefußarten (Chenopodium), werden diese gewöhnlich durch Bündel gestreckter Zellen gebildet, welche im Umfang der Rinde, unmittelbar unter der Oberhaut liegend, in bestimmten Zwischenräumen vertheilt sind. Bei sehr vielen Pflanzen enthält die Rinde noch Saftgänge und Saftbehälter, welche mehr gegen ihre Mitte oder gegen den Bast hin liegen und bald in einem oder mehreren Kreisen, bald ohne Ordnung zerstreut stehen. Sie lassen sich bei vielen Pflanzen auf dem Querschnitte zum Theil schon mit unbewaffnetem Auge erkennen, wie im Stengel der Wolfsmilcharten, in den jüngern Aesten des virginischen Sumachs (Rhus typhinum), des Feigenbaums, der Kiefer, Rothtanne (Fig. 61, a) und anderer Nadelhölzer. Der Inhalt der Rindenzellen ist sehr verschieden; bei den grünen Stengeln und Trieben sind die im Umfang liegenden Zellen mit grünen Chlorophyllkörnern erfüllt, bei andern enthalten sie anders gefärbte Stoffe, welche meist die Ursache der Farbe des Stengels sind, da weit seltner die Oberhaut selbst mit farbigen Säften erfüllt ist; die übrigen Rindenzellen enthalten, namentlich in vielen krautigen Stämmen, theils Chlorophyll, theils Stärkmehl; auch Krystalle kommen im Zellgewebe der Rinde vor, wie bei den Gänsefuß-Arten und bei der Wunderblume (Mirabilis). In den holzigen Stämmen, wo die Rinde nicht mehr von der Oberhaut bekleidet wird, ist das Zellgewebe derselben im Umfang abgestorben und vertrocknet und nur im Innern sind die Rindenzellen noch lebendig und häufig durchaus mit gefärbten Säften oder körnigen Stoffen erfüllt. Doch lassen sich auch schon in den krautigen Stengeln und in den einjährigen, noch mit der Oberhaut bekleideten Trieben der Holzpflanzen sehr häufig zwei verschiedene Lagen deutlich unterscheiden, wovon die äußere weniger saftig oder ganz trocken, die innere aber noch frisch und mit Saft erfüllt ist. Oft sind die beiden Schichten schon durch eine verschiedene Bildung der Zellen, immer aber durch andere Färbung unterschieden.

Durch die äußere, bei ihrem Absterben sich anders färbende Schichte nimmt nun die Rinde mit dem Alter des Stammes auf der Oberfläche auch immer eine von ihrer früheren verschiedene Farbe an; daher sehen wir bei Bäumen den Stamm jedesmal anders gefärbt als die jüngern Zweige. Doch ist die vorherrschende Farbe desselben die braune, in mannigfaltigen Abstufungen und mit verschiedenen Beimischungen von Weiß, Gelb, Roth, Grau oder Schwarz. Zuweilen ist die Rinde am untern Theil des Stammes anders gefärbt als am obern, wie bei der Kiefer (Pinus sylvestris), wo sie unten graubraun, oben braunroth ist, und bei dem weißstämmigen Kajeputbaum (Melaleuca Leucadendron), welcher oben eine weiße, unten aber eine kohlschwarze Rinde besizt; auch bei der Birke, deren Rinde an jungen Stämmen durchaus weiß erscheint, nimmt dieselbe am untern Theile der alten Stämme eine schwärzlichbraune Farbe an. Bei krautigen Stämmen und bei den Zweigen der holzigen Stämme tritt noch eine mannigfaltigere und meist lebhaftere Färbung der äußern Rindenschichte auf und außer der ursprünglichen grünen kommen hier die weiße, z. B. bei dem Färbersaflor (Carthamus tinctorius), die gelbe bei der Dotterweide, die rothe bei dem geschwänzten Amaranth, dem rothen Hartriegel, der Purpurweide, und die braune Farbe in vielfachen Nüancen, besonders bei sehr vielen Holzpflanzen vor.

Wenn man die mit zerstreuten Rindenhöckerchen (§. 56) versehene Rinde jüngerer Zweige von Holzpflanzen anatomisch untersucht, so erscheinen diese Höckerchen als Anhäufungen von kleinen Rindenzellen, welche anfänglich mit der Oberhaut bedeckt sind und die größte Aehnlichkeit mit Warzen oder Drüsen haben; an ältern Zweigen haben sich diese Zellenhaufen vergrößert, dadurch ist die Oberhaut über denselben aufgebrochen und die kleinen, nun blosgelegten Zellen stehen nur noch in losem Verbande unter einander und gleichen einem kleinen Körnerhaufen, der stärker gefärbt und weniger durchscheinend ist als die innere Rindensubstanz. So zeigt es ein zarter Querschnitt der Rinde von dem gemeinen und Trauben-Hollunder, dem warzigen Spillbaum u. a. m. Nirgends ist ein Zusammenhang dieser Höckerchen mit dem Bast oder Holz wahrzunehmen. Bei den

Sträuchern dagegen, welche wirkliche Luftwurzeln treiben, wie bei dem Epheu und dem wurzelnden Sumach, sind die Rindenhöckerchen, woraus sich die Wurzelzasern entwickeln, nie aufgeplazt und wenn man einen Durchschnitt des Zweiges, der zugleich ein solches Höckerchen getroffen hat, unter Vergrößerung betrachtet, so sieht man, daß dieselben nicht blos Bildungen der äußern Rinde sind, sondern ihren Ursprung im Holzkörper nehmen und selbst einen Gefäßbündelkreis mit einer dünnen Markröhre enthalten, welche mit der Markröhre des Zweiges in Verbindung steht; wenn sie über die Rinde hervortreten, werden sie auch von dieser umkleidet und stehen so durch ihre Rindenschichte mit der des Zweiges in Gemeinschaft. So verhält es sich auch bei krautigen Stengeln, z. B. der Münzen, der im Wasser und in Sümpfen wachsenden Ranunkelarten und anderer Dikotyledoneen, die mit einem unter dem Boden hinkriechenden Stengel versehen sind. Wenn auch bei Weiden und Pappelzweigen, nachdem sie einige Zeit in Wasser gestanden, die Wurzelzasern vorzugsweise aus den warzenförmigen, blos aus Rindenzellen gebildeten Höckerchen hervorbrechen, wie früher (S. 235) angegeben wurde, so scheinen diese doch nicht mit jenen in einer ursächlichen Beziehung und noch weniger in organischem Zusammenhange zu stehen, so daß hier die Rindenhöckerchen und die sich entwickelnden und zum Theil durch dieselben hervorbrechenden Wurzelzasern als Bildungen ganz verschiedener Natur zu betrachten sind. *)

---

*) Wenn wir überhaupt die Lenticellen, welche sich wirklich zu Wurzelzasern ausbilden, ohne Rücksicht auf die verschiedenen Pflanzenklassen, da wo sie vor der Entfaltung der Zasern schon deutlich auf der Oberfläche des Stammes erscheinen, wie bei Caladium auritum und Epidendrum elongatum, vergleichen, so finden wir dieselben als linsenförmige oder halbkugelige Knöpfchen über die Oberfläche vorragen, die später eine Kegelform annehmen und sich unmittelbar zur Wurzelzaser verlängern, auch von ihrem ersten Erscheinen an die der Zaser zukommenden anatomischen Systeme enthalten. Diese Lenticellen sind es auch, welche meist eine mehr oder weniger bestimmte Stellung zeigen, und da dieselben nicht blos in ihrem anatomischen Bau, sondern auch in ihrer ganzen Entwicklungsweise sich von den oberflächlichen Rindenhöckerchen unterscheiden, so sollte man auch beide nicht länger unter einem gemeinschaftlichen Namen begreifen, sondern die ersten als das, was sie wirklich sind, als Wurzelknospen bezeichnen.

Das Mark (Fig. 61, f. Fig. 62*, cc. Fig. 63, c), welches immer die Achse des Stammes einnimmt und von dem Holz wie von einer Scheide umschlossen wird, ist ebenfalls nur aus Zellgewebe gebildet; dieses enthält in der Regel größere Zellen als die Rinde, die jedoch auch in dessen Umfang, gegen das Holz zu, gewöhnlich kleiner werden (Fig. 63, g). In den jungen einjährigen Stengeln und in den noch krautigen jüngern Trieben des Holzstammes ist die Masse des Markes im Verhältniß zu den übrigen Lagen sehr groß und häufig gegen die leztern überwiegend; dabei zieht sich dieselbe meist in ziemlich breiten Schichten zwischen den noch mehr entfernten Gefäßbündeln hin bis zu der Rinde (Fig. 65, b), welche dadurch mit der innern Markröhre im Zusammenhange steht.*) In den ältern Stämmen, namentlich der Bäume und Sträucher, steht dagegen die Masse des Markes gegen die des Holzes um so mehr zurück, je älter der Stamm ist, wobei aber die Markröhre sich durchaus nicht verengert, sondern lediglich durch das Breiterwerden des Holzringes dieses umgekehrte Verhältniß hervorgebracht wird. Da nämlich mit dem zunehmenden Alter des Stammes die Gefäßbündel des Holzringes durch ihre Vergrößerung und Vermehrung mit ihren Seiten näher zusammenrücken, so werden die zwischenliegenden Markschichten zusammengedrängt, bis sie nur noch dünne vertikale Platten bilden, die auf den von der Rinde gegen das Mark geführten, senkrechten Durchschnitten härterer Hölzer, z. B. der Buche und Hainbuche, als glänzende Flächen (Spiegelfasern) erscheinen, auf dem Querschnitt aber strahlig von der Achse nach dem Umfang verlaufende, den Holz- und Bastring durchsetzende Streifen bilden und darum Markstrahlen genannt werden (Fig. 61, dd. Fig. 62*, ee). Durch die Markstrahlen wird der fortwährende Zusammenhang der Rinde mit dem Marke unterhalten; dieselben gehen jedoch nicht blos zwischen den

---

*) Die Fälle, wo die Markröhre einen so äußerst geringen Durchmesser hat, wie in dem fleischigen Stengel der peitschenförmigen Fackeldistel (Cactus flagelliformis), sind selten, eben so die Beispiele, wo in dikotyledonischen Stengeln die Markröhre ganz fehlt, wie bei dem Tannenwedel, dem Tausendblatt und den übrigen, weiter oben (S. 34) als Ausnahmen vom gewöhnlichen Bau genannten Sumpf- und Wasserpflanzen.

Gefäßbündeln hindurch, sondern ziehen sich auch durch die Masse der Bündel selbst, zwischen den Gefäßen und Holzzellen hin (Fig. 62*, fff. Fig. 76, ff.), wo sie aber weit dünner sind und häufige Unterbrechungen zeigen. Wenn die zwischen den Gefäßbündeln liegenden Markstrahlen gegen die in die Bündel selbst eingehenden eine bedeutende Dicke behalten, wie dieses namentlich im Eichenholz (Fig. 76, e), in geringerem Grade aber auch in manchen andern Hölzern (Fig. 62*, ee) der Fall ist, so hat man große und kleine Markstrahlen unterschieden. Der Unterschied der großen und kleinen Markstrahlen ist besonders auf einem vergrößerten Längendurchschnitte des Holzes, der parallel mit der Rinde geführt wurde, sehr in die Augen fallend, wo die erstern als breite, den Holzkörper auf eine weite Strecke durchsetzende Streifen (Fig. 77, e) erscheinen, während die kleinern Markstrahlen (Fig. 49, bb. Fig. 77, ff.) als kurze und schmale Zellpartieen zwischen den Holzzellen eingeschoben liegen und auf ihrer vertikalen Schnittfläche die Form und Dimension einer einzelnen Holzzelle besitzen.

Das Mark der Markröhre besteht in den meisten Fällen aus tessularischem Zellgewebe (Fig. 63, c. Fig. 64, a); in den Markstrahlen dagegen sind die Zellen niedergedrückt und bilden mauerförmiges Zellgewebe (Fig. 29); häufig geht aber dieses Niedergedrücktseyn so weit, daß der horizontale Durchmesser den vertikalen der Markstrahlzellen bei weitem übersteigt und diese auf dem Querschnitte (Fig. 76, e) wie längsgeschnittene Bast- und Holzzellen, auf dem Vertikaldurchschnitte (Fig. 36, cc, Fig. 49, bb. Fig. 77, e) aber wie querdurchschnittene Bast- und Holzzellen (Fig. 62, b d d) aussehen. In der Jugend ist das Zellgewebe des Markes saftreich, enthält häufig, wie das Parenchym der Rinde, Saftgänge und Saftbehälter, und die Bildung der Krystalle kommt vorzüglich auch im Mark vor, z. B. bei der Wunderblume, bei Aloë-, Gänsefuß- und Knöterich-Arten; die Saftgänge und Saftbehälter setzen sich auch durch die Markstrahlen fort und sind in diesen oft noch vorhanden, nachdem das Mark der Markröhre bereits völlig ausgetrocknet ist (Fig. 36, b, aus dem Sassafrasholz). So wie nämlich der Stamm oder Trieb älter wird, verliert sich der flüssige Inhalt der Markzellen und Saftgänge, das Mark stirbt ab und vertrocknet, wobei oft

die Zellenmembranen zerreißen und so schwinden, daß im Innern der Markröhre eine Höhle entsteht oder dieselbe ganz zur Luft-höhle wird. Diese durchzieht dann entweder die einzelnen Interfoliartheile ununterbrochen und ist nur an den Knoten oder der freien Basis der Blätter abgeschlossen, wie im Stengel der Balsamine, des Kürbis, der meisten Doldenpflanzen und der Knöterich-Arten, oder die vertrockneten Markzellen ziehen sich in kurzen Zwischenräumen zu Scheidewänden zusammen, wodurch die Markhöhle in zahlreiche Querfächer getheilt erscheint, bei der Kermesbeere (Phytolacca) und der Wallnuß. Doch kommt das Mark auch im frischen Zustande mit Luftgängen durchzogen vor, wie bei dem Wasserfenchel (Oenanthe Phellandrium) und andern dikotyledonischen Sumpf- und Wasserpflanzen.

Das Mark ist in der Jugend häufig grün gefärbt; so namentlich in vielen krautigen Stengeln, aber auch in den jüngsten Zweigen mancher Holzpflanzen; beim Austrocknen und Absterben nimmt es später gewöhnlich eine weiße Farbe an. Doch kommt es auch oft schon in den jungen Trieben mehr weiß, seltner von anderer Farbe, z. B. gelblich bei dem zweilappigen Ginkgo, vor, wo es im Alter entweder gleich gefärbt bleibt oder auch eine tiefere Färbung annimmt. So ist das ältere Mark in den Zweigen des Trauben-Hollunders gelbbräunlich, bei der gemeinen Heckenkirsche (Lonicera Xylosteum) rothbraun, bei der Wallnuß graubraun, bei dem virginischen Wachholder röthlich u. s. w. Wenn aber auch das Mark in der Achse des Stammes oder Zweiges abgestorben ist, so bleibt es doch in den Interfoliartheilen nahe beim Holzring meistens und an den Stellen, wo die Blätter und Knospen entspringen, immer frisch und mit Säften erfüllt, was man da, wo das lebendige Mark eine grüne Farbe hat, wie bei dem gemeinen Wunderbaum (Ricinus communis), dem spanischen Flieder und der Heckenkirsche besonders leicht auf einem Längendurchschnitte des Stengels bei dem erstern und der Zweige bei den leztern erkennt.

Das Holz (Fig. 61, dde), welches zunächst das Mark umgiebt, wird von dem Holzkörper (Fig. 62*, d) der Gefäßbündel gebildet und besteht also in den meisten Fällen aus den mehr

oder weniger in die Länge gezogenen, engen Holzzellen und den durch diese von allen Seiten umgebenen Gefäßen. In den krautigen Stengeln und in den jüngsten noch zarten Trieben des Holzstammes sind die Gefäßbündel kleiner, weiter auseinander liegend und der Holzring ist durch saftiges Zellgewebe des Markes vielfach unterbrochen (Fig. 60. Fig. 65); mit dem weitern Wachsthum aber vergrößern sich die einzelnen Gefäßbündel, es schieben sich auch wohl neue Bündel zwischen die ältern ein, und so bildet sich allmälig ein mehr geschlossener Holzring, der nur von den dünnen Markstrahlen durchzogen ist und durch dessen inneren Umfang die Markröhre scharf begrenzt wird. In den meisten einjährigen Stengeln bleibt es bei dieser Bildung und sie zeigen, auch wenn sie im Herbste den höchsten Grad der Verholzung erreicht haben, wie der untere Theil des Bohnenstengels, doch nur einen einzigen Kreis von Gefäßbündeln. In manchen aber, wie in dem Stengel des Mauer-Gänsefußes (Chenopodium murale) und wohl noch anderer Gänsefuß-Arten, trifft man in dem untern Theil des erwachsenen Stengels zwei und selbst drei Gefäßbündelkreise an, welche aber, wie in den Wurzeln dieser einjährigen Pflanzen, sich nicht unmittelbar berühren, sondern durch concentrische Lagen von Markzellen geschieden sind, so wie auch die einzelnen Bündel der Kreise, deren jedes nach Außen seine Bastlage besitzt, durch meist breite Markstrahlen von einander entfernt gehalten werden. In den mehrere Jahre dauernden Stämmen, namentlich der Bäume und Sträucher, wird dagegen der Holzring aus so vielen concentrischen Kreisen von Holzbündeln gebildet, als der Stamm selbst Jahre zählt, daher werden diese Kreise Jahrringe genannt (Fig. 61, dd e). Die Jahrringe unterscheiden sich dadurch von den getrennten Kreisen des einjährigen Stengels, daß sie sich unmittelbar berühren und blos aus dem Holzkörper der ganz nahe nebeneinander liegenden Gefäßbündel bestehen; nur der äußerste Jahrring steht mit dem Bast (Fig. 61, c c) in Berührung. Sowohl in den concentrischen Kreisen der vorhin erwähnten einjährigen Stengel (die man, wie in den Wurzeln, als falsche Jahrringe unterscheiden kann), als auch in den wahren Jahrringen der Hölzer, sieht man die Bündel der äußern Kreise immer gerade vor die der innern gestellt, so daß im geschlossenen Holz der Bäume

sich jedes Holzbündel von der Markröhre aus durch die verschiedenen Jahrringe hindurch in Keilform fortsezt. Durch dieses Voreinandergestelltseyn und den dadurch bedingten geradlinigen Verlauf der Markstrahlen unterscheiden sich noch hauptsächlich die Holzstämme der Dikotyledoneen von jenen der Monokotyledoneen, in welchen die Gefäßbündel abwechselnd gestellt, die zwischen denselben liegenden Zellenmassen nicht geradlinig verlaufend sind und daher auch nicht als wahre Markstrahlen betrachtet werden können.

Auf dem Querschnitte des dikotyledonischen Holzstammes findet man in einem gewissen Alter, welches nach den verschiedenen Holzarten wechselt, die innersten Jahrringe dunkler gefärbt und von bedeutend festerer Konsistenz als die äußeren, und man hat diesen innern, meist mehr gefärbten Theil des Holzes Kern- oder Herzholz, den äußern weicheren Theil von blässerer Farbe aber Splint genannt. Herzholz und Splint sind demnach nicht in ihren anatomischen Systemen, sondern nur ihrem Alter nach verschieden, und die größere Härte und tiefere Färbung des erstern wird lediglich durch die mehr verdickte und erhärtete Membran der einzelnen Holzzellen hervorgebracht. Das junge, noch weichere Holz oder der Splint ist weiß oder doch nur bleich gefärbt; selten behält aber das ältere und festere Herzholz diese helle Färbung bei, wie in der Birke und Hainbuche, sondern nimmt bei den verschiedenen Holzpflanzen eine sehr verschiedene Färbung an. Die gewöhnlichste Farbe des Herzholzes ist die braune, wie bei der Wallnuß und gemeinen Robinie (Robinia Pseudacacia); sie kommt aber auch braunroth vor im Pflaumenholz, und mit Kupferglanz gepaart im Mahagoniholz (Swietenia Mahogoni); hochroth im Sandelholz (Santalum myrtifolium und S. Freycinetianum) und Fernambukholz (Caesalpinia brasiliensis); gelb im Gelbholz (Caesalpinia Crista? oder Broussonetia tinctoria?) und mit Seidenglanz verbunden im Holz des Perückenbaums (Rhus Cotinus); tief schwarz im Ebenholz (Diospyros Ebenum u. D. Melanoxylon). Oft sind auch die äußern und innern Schichten jedes Jahrrings, oder die Holzbündel und Markstrahlen verschieden gefärbt; dadurch entstehen noch verschiedene Schattirungen der Holzfarbe, und wenn in den knotigen Theilen der Stämme noch ein verworrener Verlauf der Holzbündel und Markstrahlen dazu kommt, so entsteht eine mit vielfach

gewundenen und verschlungenen Farbenstreifen durchzogene Holzbildung, die unter dem Namen des Maserholzes bekannt ist.

In den Holzbündeln der krautigen Stämme und des innersten Jahrringes der Bäume (Fig. 62*, dd) liegen, wie im Stamm der Monokotyledoneen, die größeren, netzförmigen Gefäße nach Außen und die Spiralgefäße nach Innen gegen die Markröhre hin; während in allen übrigen Jahrringen des Holzes nur netzförmige Gefäße und von diesen die größern nach Innen zu liegend angetroffen werden. Eben so sind die Holzzellen (welche, wie schon §. 13 erwähnt, in den meisten, wo nicht in allen Hölzern punktirte Wände haben) in jedem Jahrringe gegen den äußern Umfang desselben enger, und besonders dadurch wird die meist scharfe Grenze zwischen den verschiedenen Jahrringen hervorgebracht.

Alle Gefäßbündel steigen in den Interfoliartheilen des Stammes senkrecht und parallel mit seiner Achse in die Höhe, bis dahin, wo sie in die Blätter übergehen; hier biegen sich dieselben in einem Bogen nach Außen, um unmittelbar in die Basis des Blattes oder Blattstiels einzutreten. Dieser Verlauf der Gefäßbündel läßt sich auf einem senkrechten Schnitte, in der Richtung der Markstrahlen geführt, verfolgen; wenn die Gefäßbündel aber durch einen knotig verdickten Theil des Stammes gehen, wie bei der Balsamine, dem Kürbis und den Knöterich-Arten, so verzweigen sie sich, ihre Gefäße treten nach allen Seiten auseinander und nehmen einen mehr oder weniger geschlängelten Lauf an, indem sich ihre übereinander stehenden Röhren sehr verkürzen, an ihren Verbindungsstellen Einschnürungen erleiden und zu Rosenkranzgefäßen werden. Wenn daher viele solcher knotigen Verdickungen nahe übereinander liegen, wie es häufig im untern Theile des Stammes, nahe über der Wurzel bei Hölzern der Fall ist, so geht die regelmäßige Stellung der Gefäßbündel ganz verloren, die Verzweigungen derselben gehen dann in unregelmäßigen, verworrenen Zügen nach allen Seiten hin und es entsteht dadurch die vorhin erwähnte Maserbildung. Ueber den Knoten laufen diese Verzweigungen wieder zusammen und es tritt der regelmäßige senkrechte Zug der Gefäße in dem oberen Interfoliartheil wieder ein. Doch darf man sich auch hier bei den sehr genäherten Gefäßbündeln des geschlossenen Holzringes

den Verlauf derselben nicht in einer ununterbrochenen geraden Linie denken, da sie sich überall, wo ein Markstrahl liegt, auseinanderbiegen, über und unter demselben aber wieder aneinander legen, wodurch eine seitliche netzartige Verbindung der Gefäßbündel entsteht, die auf einem Vertikalschnitte parallel mit der Rinde, z. B. eines Eichenastes, leicht erkannt wird. Wo bei krautigen Stengeln und einjährigen Aesten der Holzpflanzen eine Knospe in dem Blattwinkel sizt, da weichen die Gefäßbündel über dem in das Blatt abgegangenen Bündel mehr oder weniger weit auseinander, das an dieser Stelle immer noch frische Mark der Markröhre tritt dazwischen hervor und hängt mit der Markröhre der Knospe zusammen; über dem Ursprung der Knospe schließt sich der Holzring wieder. Auch da, wo ein Gefäßbündel in das Blatt austritt, wird der Holzring unterbrochen und erscheint erst etwas weiter hinauf wieder vollständig geschlossen; wenn daher mehrere Gefäßbündel in ein Blatt ausgehen, wie bei dem Trauben-Hollunder (Sambucus racemosa), so sieht man auf einem Querschnitte des Astes auch mehrere Lücken im Holzring, die dann über dem Ursprung des Blattes durch neue Bündel ausgefüllt werden, wodurch der unterbrochene Zusammenhang des Holzringes sich wieder herstellt. In das Blatt gehen unmittelbar die Gefäßbündel des Holzrings ein und verursachen dadurch die Lücken in demselben; die Gefäße aber, welche in die Knospe eintreten, sind nicht die des Holzrings, sondern neuerzeugte, welche sich außen an denselben ansetzen; daher wird die Lücke beim Ursprung der Knospe nicht durch das Heraustreten eines oder mehrerer Gefäßbündel aus dem Kreise, sondern blos durch ein mehr oder minder starkes Auseinanderweichen der Gefäßbündel des Holzrings hervorgebracht. Es giebt jedoch einzelne Fälle, wie beim Epheu, dessen winkelständige Knospen tief unter der Stelle ihres Hervortretens über die Rinde entspringen, wo das Auseinanderweichen der Gefäßbündel so gering ist, daß die an ihrem Ursprung sehr dünne Markröhre der Knospe nur vermittelst eines etwas breiteren Markstrahls mit der Markröhre des jungen Zweiges zusammenhängt. Daß aber hier, wie überall, die organischen Systeme der Knospe mit jenen der Mutterpflanze in Verbindung stehen, zeigen sowohl die von Oben wiederholt bis zum Ursprung der Knospe gemachten Querschnitte als auch der genau durch die

Mitte der Knospe geführte Längenschnitt. In die Gipfelknospen sezt sich die Markröhre des Stammes oder Zweiges, der sie trägt, unmittelbar fort, so wie auch Holz, Bast und Rinde ohne Unterbrechung in dieselbe eingehen.

Sehr merkwürdig und von dem der übrigen Hölzer verschieden finden wir den Bau des Holzkörpers in den Zapfenbäumen (Coniferen) und Cykadeen. Bei diesen sind zwar die Holzbündel eben so in Kreise gestellt und das Holz aus Jahrringen gebildet, wie bei den übrigen Dikotyledoneen, aber es enthalten nur die Holzbündel des ersten Jahrrings der einjährigen Pflänzchen und Triebe, oder des innersten Jahrrings älterer Stämme und Aeste, zunächst der Markröhre einige Spiralgefäße und vor diesen zuweilen wenige Treppengefäße; der ganze übrige Holzkörper besteht aus den früher (§. 13) beschriebenen punktirten Zellen (Fig. 40), deren Punkte, wie schon erwähnt, meist nur auf den gegen die Markstrahlen gekehrten Wänden liegen, doch bei den Meerträubeln (Ephedra) auch auf den der Rinde und dem Marke zugewendeten Seiten vorkommen, und in manchen Fällen, namentlich im Holze des Eibenbaums (Taxus baccata), zwischen den Punkten noch Spiralfasern enthalten. Wollte man diese Theile für Holzzellen gelten lassen, so würden die Zapfenbäume und Cykadeen, außer den wenigen Spiralgefäßen um die Markröhre, keine Gefäße enthalten; nimmt man sie aber für Gefäße, so fehlen dem Holzkörper die Holzzellen. Ihrer Form nach stimmen sie allerdings mehr mit den Holzzellen der übrigen Hölzer überein (man vergleiche Fig. 40, aus der Rothtanne, mit Fig. 49, aus der Eiche); dazu kommt noch, daß im Holz der Meerträubel, außer den kleinen, Holzzellen ähnlichen, noch größere punktirte Röhren vorhanden sind, welche schiefstehende, durchlöcherte Scheidewände haben, [1]) wie wir sie (S. 46) in den netzförmigen Gefäßen kennen lernten, und dadurch diesen sehr ähnlich werden, so daß man vielleicht doch alle engeren, in ihrer Form den Holzzellen gleichenden Röhren im Holze der Nadelhölzer und Cykadeen dem Zellensystem beizählen, jedoch als eine eigene, dem Gefäßsystem sich annähernde Modi-

---

[1]) H. Mohl, über den Bau der großen getüpfelten Röhren von Ephedra — in Linnaea VI. S. 596, Tab. 8. Fig. 1, cc. Fig. 3, aa, b.

fikation betrachten muß. Dafür scheint auch der Bau der Holzbündel bei dem gemeinen Mistel (Viscum album) zu sprechen; diese bestehen aus zweierlei verschiedenen Bildungen, welche man wohl nicht anders als dem Zellsystem beizählen kann, nämlich aus sehr dickwandigen, nicht punktirten und aus punktirten Röhren, welche weniger dicke Wände haben, sich den punktirten Markzellen dieser Pflanze (Fig. 38 und 39) ähnlich verhalten [1]), nur daß sie enger und mehr in die Länge gedehnt, mit Gefäßen aber keineswegs zu vergleichen sind.

Der Bast (Fig. 61, cc), welcher zwischen dem Holz und der Rinde liegt, besteht aus den ursprünglich mit dem Holzkörper der Gefäßbündel zusammenhängenden oder theilweise durch die Saftzellenbündel davon getrennten Bastbündeln; er bildet daher auf dem Querschnitt ebenfalls einen durch die Markstrahlen unterbrochenen Ring, der jedoch in allen dikotyledonischen Stämmen weit dünner ist als das Holz. In den krautigen Stengeln und einjährigen Trieben der holzigen Stämme wird der Bast aus einem einfachen Kreise von meist halbmondförmigen Bündeln langgestreckter Zellen gebildet (Fig. 62*, bb). Er ist hier oft so dünn, daß er nur dem bewaffneten Auge deutlich sichtbar wird. In den ältern Stämmen und Aesten der Holzpflanzen besteht dagegen der Bast, ähnlich dem Holze, aus mehreren concentrischen Lagen, die zwar nicht immer so leicht, wie die einzelnen Holzringe zu unterscheiden, aber namentlich in den abgehauenen und ausgetrockneten Stämmen und Aesten vieler Hölzer gut zu erkennen und sogar von einander zu trennen sind. Nur in den einjährigen Stengeln, wo sich, wie bei Gänsefuß-Arten, mehrere Gefäßbündelkreise bilden, kommen auch eben so viele durch Holzringe von einander geschiedene Bastkreise vor, während in den mit wahren Jahrringen versehenen Pflanzen alle Bastkreise außen um das Holz herum liegen und zu einem einzigen Ringe verbunden sind. Dieser Bastring enthält keine Saftgänge, wie die Rinde und das Mark, schließt aber häufig Saftzellenbündel ein, welche auf einem Querschnitte an den dünnern Zellenwänden und der dadurch bedingten größern Durchsichtigkeit der Schnitt-

---

[1]) Mohl, über die Poren des Pflanzen-Zellgew. Tab. 3. Fig. 19 und 20.

flächen erkannt werden, wie in den jährigen Trieben des Trauben-Hollunders, wo sie mitten im Baste eingeschlossen sind; in andern Fällen stehen die Saftzellen zwischen den Bast- und Holzbündeln und dann scheint der Bastring selbst vom Holz entfernt zu liegen, wie bei der großblättrigen Osterluzey (Aristolochia Sipho) und vielen einjährigen Pflanzen; in den Sommertrieben des spanischen Flieders liegen endlich die Saftzellenbündel außen um den Bastring herum. Der Bast besteht also, wenn wir ihn in seinem ganzen Verlaufe verfolgen, außer den Bastzellen, noch aus Saftzellen und Markstrahlen; die Bastzellen, welche in ältern Pflanzen immer weniger erhärtet und weit biegsamer als die Holzzellen sind, zeigen auf einem parallel mit der Rinde geführten Längenschnitte des Bastes da, wo die Markstrahlen durchsetzen, denselben gebogenen Lauf wie die Holzzellen, und auch die einzelnen Bündel des Bastes stehen in den holzigen Stämmen in seitlicher, netzartiger Verbindung untereinander. Wo ein Holzbündel aus seinem Kreise tritt, um in das Blatt überzugehen, nimmt es die vor ihm liegende Bastlage mit; den neuen Holzring der Knospe aber sieht man auch von einer jungen Bastlage umgeben. Die vorherrschende Farbe des Bastes ist das mehr oder weniger ins Grüne ziehende Weiß; er kommt aber auch schön gelb vor bei dem Sauerdorn (Berberis vulgaris), braun bei dem Zimmt, dunkelroth bei der rothen China, wo jedoch die Färbung hauptsächlich durch die zahlreichen, mit farbigen Säften erfüllten Markstrahlen herzurühren scheint.

So verhält sich der innere Bau des Stammes der Dikotyledoneen im Allgemeinen. Doch giebt es außer den früher schon beschriebenen, im Bau des Stengels vieler Sumpf- und Wasserpflanzen vorkommenden Ausnahmen, auch noch manche Abweichungen von der Regel bei andern dikotyledonischen Pflanzen. Bei den vielen Pfeffer-Arten, z. B. dem grauen und ungleichblättrigen Pfeffer (Piper incanum, P. inaequalifolium), stehen alle Gefäßbündel, wie bei den Monokotyledoneen, durch das Parenchym des Stammes zerstreut; bei andern, wie bei dem trügerischen und dem benagelten Pfeffer (Piper fallax, P. unguiculatum), ist noch eine concentrische Stellung der Gefäßbündel, jedoch bei ganz veränderten Verhältnissen, angedeutet,

indem innerhalb eines mehr oder weniger geschlossenen Holzringes wenige (4—6) entfernte Gefäßbündel um die Achse des Stengels gestellt sind. Im Stengel der Wunderblume (Mirabilis) kommt ein geschlossener Holzring vor, in welchem man gar keine deutlichen Markstrahlen erkennt, aber außerdem stehen noch zahlreiche, entfernte Gefäßbündel im Marke zerstreut. Auch im Marke der Zamien (Zamia) stehen innerhalb des Holzringes kleinere netzförmig untereinander verbundene Gefäßbündel zerstreut. Der Stamm dieser Gattung, so wie der übrigen Cykadeen, welcher durch die punktirten Röhren seiner Holzbündel so sehr mit den Zapfenbäumen übereinstimmt, ist noch besonders dadurch höchst merkwürdig, daß sich in demselben nie mehr als ein einziger Holzring bildet, so alt er auch werden mag, und hierin verhält sich der Cykadeenstamm auf eine auffallende Weise dem Farnstock ähnlich, dem er auch in seiner Tracht nnd in der Art seines Wachsthums sehr nahe kommt.

3. Von dem innern Bau der Vermehrungsorgane.

§. 107.

Ueber den innern Bau der Vermehrungsorgane der Gefäßpflanzen ist nur wenig zu sagen. Die Knospen, als die Anlagen neuer Aeste und Gipfeltriebe, enthalten in ihrem der Mutterpflanze mehr oder weniger tief eingesenkten Grunde und in ihrer die Blätter und Blüthen tragenden Spindel die Elementarorgane, im verjüngten Maßstabe und vom zärtesten Bau, zusammengedrängt, wie sich dieselben bei der Entfaltung der Knospe weiter ausbilden sollen; alles ist weich und krautig, so wie die innern Blättchen, die nicht zur Knospendecke gehören, ebenfalls einen noch zarten, aber dem der ausgebildeten Blätter ähnlichen, Bau haben.

Die Zwiebel, als die bleibende Knospe eines unterirdischen Stammes, besteht nur aus blattartigen Gebilden, deren unter dem Boden versenkten Blätter in ihrem innern Bau sich hauptsächlich dadurch von den ans Licht hervortretenden unterscheiden, daß die Zellen ihres dicken, fleischigen Parenchyms viel Stärkmehl und Schleim enthalten, während ihrer Oberhaut die Spaltöffnungen abgehen. Da die Zwiebeln vorzugsweise den monokotyledonischen

Pflanzen angehören, so finden wir den Bau des Zwiebelstocks mit dem des unterirdischen Stammes dieser Pflanzenklasse, wie es schon oben (S. 44) angegeben worden, übereinstimmend und können ihn daher so wenig in anatomischer als morphologischer Hinsicht von den wahren Stammformen trennen.

Das Nämliche gilt von dem Knollen, welcher sich als verdickter und verkürzter Zweig oder Astgipfel eben so von den gewöhnlichen Aesten unterscheidet, wie die knollig verdickte von der gewöhnlichen Wurzel oder Wurzelzaser. Seine Zellenmasse hat sich vermehrt, die Zellen strotzen meist von Stärkmehl und der regelmäßige Verlauf der Gefäße ist dadurch gestört, daß sie in der vermehrten Zellenmasse weiter auseinander liegen, wegen der gewölbten Oberfläche des Knollens einen dieser entsprechenden gebogenen Zug haben und dabei noch auf mancherlei Weise geschlängelt und gewunden sind, auf ähnliche Art, wie wenn sie durch andere knotig verdickte Stellen des Stammes gehen. Sehr schön läßt sich in der Kartoffel, wenn man nahe über ihrer Basis, wo sie der fadenförmigen Stocksprosse angeheftet war, zarte Querschnitte macht und unter dem Mikroskope vergleicht, der Uebergang der regelmäßigen Stellung der Gefäßbündel in die geschlängelten, gleichsam vom Grunde des Knollens strahlig ausgehenden Züge verfolgen. Es treten hier ähnliche Verhältnisse ein, wie im innern Bau des knollig verdickten Stammes, z. B. des Arons, des hohlwurzeligen Lerchensporns, des Kohlrabi u. a. m., welche alle auch in ihrem innern Bau den Typus der Pflanzenklasse, zu der sie gehören, an sich tragen.

Ueber den innern Bau der Lenticellen und die daraus hervorgehende Unterscheidung in Rindenhöckerchen und Wurzelknöspchen ist schon bei Betrachtung der Rinde gesprochen worden. Schon vor der Ausbildung der leztern zur Wurzelzaser, wenn sie noch unter der Form kleiner Knöpfchen erscheinen, ist der Verlauf der Gefäßbündel deutlich zu erkennen und hier schon kann man sehen, daß die Gefäße nicht bis in die Spitze derselben reichen, sondern daß diese aus einem mehr oder minder dichten Zellgewebe besteht, wie es auch bei der ausgebildeten Zaser noch der Fall ist.

4. Von dem innern Bau der Blätter.

§. 108.

Wir haben bei dem Stamme gesehen, wie die Gefäßbündel nacheinander von ihrem mit der Achse parallelen Zuge abgehen und sich gegen den Umfang hin biegen, um in die Blätter überzugehen. Bei ihrem Austritt aus dem Stamme werden sie aber auch von allen Seiten mit Parenchym umgeben, welches mit der Rinde oder doch der äußersten Zellenschichte des Stammes und zum Theil auch mit dem Mark zusammenhängt, und zugleich mit einer Oberhaut umkleidet, welche ebenfalls als eine Fortsetzung der Oberhaut des Stammes zu betrachten ist; aber sowohl das die Gefäßbündel begleitende Parenchym als auch die Oberhaut nehmen in den Blättern eine mehr oder weniger veränderte Beschaffenheit an. Nach dem Austreten dieser Gefäß = und Zellenmassen finden jedoch zwei wesentlich verschiedene Fälle statt: entweder bleiben die beiden anatomischen Systeme des Blattes Anfangs noch auf eine gewisse Strecke mehr zusammengedrängt und bilden den Blattstiel, oder sie breiten sich gleich an der Oberfläche des Stammes in die Blattscheibe aus, welche im ersten Falle von dem Blattstiel getragen wird.

Wenn nur ein einzelnes Gefäßbündel aus dem Stamm abgeht, so finden wir auch den Blattstiel nur mit einem einzigen Bündel durchzogen, welches bei Monokotyledoneen, wie bei manchen Laichkräutern (Potamogeton natans), eine kreisrunde, bei Dikotyledoneen aber, wie bei der Wassernuß (Trapa), Rainweide (Ligustrum), dem Oleaster (Elaeagnus) und spanischen Flieder (Syringa), eine halbmondförmige Schnittfläche zeigt. Bei den leztern ist darin noch die Kreisstellung angedeutet, in der sich das Gefäßbündel im Stamme befand und aus welcher es sich als ein Kreisabschnitt losgetrennt hat. Daher liegt auch der Holzkörper desselben immer gegen die obere oder innere, der Bast aber gegen die untere oder äußere Seite des Blattstiels gekehrt, so wie das ganze Gefäßbündel selbst gewöhnlich der oberen oder vorderen Blattstielfläche näher liegt als der untern oder Rückenfläche. Wenn dagegen mehrere Gefäßbündel in den Blattstiel eingehen, so findet in der Stellung derselben bei Dikotyledoneen und Monokotyledoneen eine auffal-

lende Verschiedenheit statt. Bei den erstern liegen nämlich die Gefäßbündel immer nur in einer Reihe, die in flachen Blattstielen, wie bei der Winter-Levkoje (Matthiola incana), auf dem Querschnitte nur eine schwache Biegung zeigt, in gewölbten und rinnigen Blattstielen aber einen stärkeren Bogen bis zum Halbkreis und darüber darstellt, wie bei der großen Sonnenblume (Helianthus annuus), dem Sauerdorn (Berberis vulgaris) und den Hollunder-Arten (Sambucus nigra, S. racemosa), und in stielrunden Blattstielen sogar einen vollständigen Kreis bildet, bei dem Wunderbaum (Ricinus communis). Auch hier bleibt die Lage des Holzkörpers der Gefäßbündel nach der vordern oder innern, und des Bastes nach der hintern oder Rückenfläche des Blattstiels wie bei dem einzelnen Gefäßbündel. Die Zahl der Gefäßbündel des Blattstiels ist bei verschiedenen Pflanzen sehr abweichend; so sehen wir nur zwei Bündel in dem Blattstiel der zweilappigen Gingko, 3 Bündel bei der schwarzen Johannisbeere (Ribes nigrum), 5 beim Sauerdorn und schwarzen Hollunder, 7 bis 9 bei der Levkoje, dem Epheu und Traubenhollunder, 10 beim Wunderbaum, 12—13 bei der Sonnenblume. Die Gefäßbündel sind nicht immer von gleicher Stärke, sondern oft wechseln kleinere und größere Bündel mit einander ab, und meist sind die äußersten an den beiden Seiten der Reihe die kleinsten. Vor und bei dem Eintritt der Gefäßbündel in den Blattstiel gehen dieselben häufig, namentlich da, wo der Blattstielgrund verdickt ist, in Rosenkranzgefäße über, welche, wie in den knotigen Theilen überhaupt, einen geschlängelten Zug haben und sich mehr oder weniger netzartig durchkreuzen, bis sie in dem Blattstiel selbst eine der Achse desselben parallelen Lauf annehmen; dieses ist besonders in den Fällen zu sehen, wo die Bündel eine bedeutende Strecke durch die Stammsubstanz gehen müssen, bevor sie an dessen Oberfläche gelangen, wie bei der Wassernuß. Oft wechselt aber auch die Zahl und Stellung der Gefäßbündel in verschiedenen Höhen des Blattstiels selbst; so gehen in dem Blattstiel des gemeinen und einsamigen Weißdorns (Crataegus Oxyacantha, Cr. monogyna) die drei am Grunde in einer Bogenlinie liegenden Gefäßbündel schon gegen die Mitte des Blattstiels in ein einziges großes Bündel zusammen, welches

eine hufeisenförmige Schnittfläche zeigt; wenn man den Blattstiel des Epheus in verschiedenen Höhen quer durchschneidet, so findet man in der erweiterten Basis desselben 7 im Halbkreis stehende Gefäßbündel, gegen die Mitte haben sich dieselben zu einem Kreise geschlossen, weiter nach oben hat sich ihre Zahl durch das Zusammenfließen mehrerer Bündel bis auf 4 oder 5 vermindert und ganz oben, unterhalb der Theilung in die drei Hauptrippen des Blattes, sind alle in ein einziges Bündel mit drei stark vorspringenden Kanten zusammengetreten; bei der schwarzen Johannisbeere sind ebenfalls unten drei getrennte, in einer Bogenlinie stehende Gefäßbündel vorhanden, welche sich weiter hinauf näher zusammenschließen, bis sie oben einen ununterbrochenen, stumpf-dreikantigen Ring bilden, der bei dem Eintritt in die Blattscheibe wieder in drei gesonderte Bündel auseinander geht. Häufig sieht man dabei die Gefäßbündel bei ihrem Aufsteigen zu der Blattscheibe an Größe eher zu- als abnehmen; besonders auffallend ist dieses bei der Gingko, wo die beiden Gefäßbündel in dem dickern Blattstielgrunde kleiner sind und eine rundliche Schnittfläche haben, gegen die Mitte des Blattstiels aber viel breiter und auf der Schnittfläche mehr halbmondförmig werden. Hier müssen sich also in dem Blattstiele neue Gefäße und gestreckte Zellen um die vorhandenen angesezt haben, so wie überall an und aus den ältern Theilen sich jüngere erzeugen können.

In dem Blattstiel der Monokotyledoneen haben die Gefäßbündel, wenn deren mehrere vorhanden sind, eben so wie in dem Stamme dieser Pflanzen, eine mehr zerstreute Stellung, und wenn sich dabei auch noch eine gewisse Ordnung in manchen Fällen erkennen läßt, so stehen doch die Bündel nicht in einer einfachen Reihe, wie im Blattstiel dikotyledonischer Pflanzen. Eben so fehlt das Netz aus Rosenkranzgefäßen, welches in der verdickten Basis des Blattstiels vieler Dikotyledoneen vorkommt; die Gefäßbündel ziehen bei ihrem Eintritt und über dem Ursprung des Blattstiels parallel durch denselben, und auch hier liegen, gerade wie im Stamme, die größern Gefäßbündel in der Mitte, die kleinern nach Außen, und die Bastbündel im Umfang zunächst der Oberfläche. Auch gehen häufig diese Bastbündel höher hinauf in Gefäßbündel über; doch bleiben sie auch in manchen Fällen, namentlich bei vielen Palmen unverändert; bei einigen der

letztern, wie bei der niedrigen Zwergpalme (Chamaerops humilis) werden auch in der Mitte des Blattstiels Bastbündel angetroffen. Wenn man die scheinbare Unordnung in der Stellung der Gefäßbündel genauer vergleicht, so läßt sich doch oft eine gewisse Symmetrie nicht verkennen: z. B. in dem Blattstiel des geöhrten Kaladiums (Caladium auritum) findet man in der Mitte vier über's Kreuz gestellte Bündel und um diese einen Kreis von 10 oder mehreren andern Bündeln, zwischen welchen und dem äußern Bastbündelkreise noch ein mehr unterbrochener Kreis von kleinern Bündeln liegt, und nur aus der größern Entfernung der Gefäßbündel geht die scheinbare Unordnung in der Stellung derselben hervor; im Blattstiel mancher Palmen zeigt sich sogar noch bestimmter eine regelmäßige Ordnung, indem bei der fächerblättrigen Ruthenpalme (Rhapis flabelliformis) die innern Gefäßbündel in einem Halbmond stehen und bei der schlanken Schuppennuß-Palme (Lepidocaryum gracile) auf dem Querschnitt eine sternförmige Figur bilden. Auch im Blattstiel der Monokotyledoneen bleibt das Verhältniß der anatomischen Systeme der Gefäßbündel dem in dem Stamme vorherrschenden gleich, und die Gefäße, die Bast- und Holzzellen behalten auch hier ihre ursprüngliche gegenseitige Lage bei. Die besonders bei monokotyledonischen Pflanzen häufig vorkommenden Blattscheiden verhalten sich in ihrem innern Bau mehr oder weniger dem Blattstiel ähnlich, wie sie dann auch, morphologisch betrachtet, nichts weiter als verbreiterte Blattstiele sind; aber eben dadurch nehmen sie auch schon meistens zugleich an der Natur der Blattscheibe Theil. Daher trifft man auch bei ihnen gewöhnlich da, wo sie mehr verdickt sind, in ihrer Mitte oder in ihrem Rücken, einen mehr dem Blattstiel und gegen ihre verdünnten Ränder einen mehr der Blattscheibe sich nähernden Bau an. Bei Gräsern und Orchideen enthält die dünne Blattscheide nur eine einfache Reihe von parallelen Gefaßbündeln, welche dem äußern Umfange näher stehen, als dem innern; bei den Palmen dagegen, wo die Scheiden am Grunde des Blattstiels meist dick sind, liegen, wie in dem letztern, die größern Gefäßbündel in der mittlern Parenchymschichte und die kleinern, nur aus Bastzellen bestehenden Bündel zwischen diesen und im Umfang. Hier finden häufige Durchkreuzungen und Anastomosen der Bündel,

besonders gegen den Rand der Scheide statt, und da gewöhnlich das Parenchym dieser Blattscheiden bald abstirbt und verschwindet, so bleiben nur jene netzförmigen Gefäßbündelgeflechte übrig, welche noch lange Zeit den Palmenstock umgeben.

In dem Blattstiel der kryptogamischen Gefäßpflanzen kommt keine bestimmt bezeichnete Stellung der Gefäßbündel als die vorherrschende vor. Bei den im Wasser lebenden Rhizokarpen, welche gestielte Blätter haben, wie die Marsilien und Salvinien, so wie bei den kleinern Farnen (dem Mauer-, Widerthon- und nördlichen Streifenfarn — Asplenium Ruta muraria, A. Trichomanes, A. septentrionale u. a. m.) durchzieht nur ein einziges Bündel die Achse des Blattstiels; bei den größeren Farnen dagegen ist die Stellung der Gefäßbündel im Blattstiel höchst mannigfaltig, so daß sie in manchen Gattungen fast bei jeder Art anders erscheint, wobei wieder die Ordnung der Bündel in verschiedenen Höhen eines und desselben Blattstiels wechselt, indem hier äußerst häufig ein theilweises oder totales Zusammentreten der am Grunde getrennten Gefäßbündel stattfindet. Dabei stehen die parallel mit der Achse des Blattstiels aufsteigenden Gefäßbündel häufig durch seitlich abgehende kleinere Bündel in Verbindung untereinander, wodurch, wenn diese Seitenäste zahlreich sind, wie bei dem goldnen Tüpfelfarn (Polypodium aureum) und dem stachelblättrigen Schildfarn (Aspidium aculeatum), ein Netz mit langgestreckten Maschen entsteht, welches an die netzartige Verbindung der Gefäßbündel im Farnstock erinnert. Da auch im Blattstiel die Gefäßbündel häufig mit einer braunen, zelligen Scheide oder auch stellenweise mit solchen braunen Zellenmassen umgeben sind, so läßt sich der durch die dunkle Farbe der begleitenden Zellenlagen noch mehr hervorgehobene eigenthümliche Zug der Gefäßbündel leicht und gewöhnlich schon mit unbewaffnetem Auge verfolgen, wenn man die äußere Parenchymlage des Blattstiels der Länge nach behutsam ablöst; doch darf dieses nur auf dem gewölbten Rücken des Blattstiels geschehen, weil auf der Vorderseite desselben, wegen der größern Entfernung der Gefäßbündel, diese Verzweigung fehlt [1]).

---

[1]) Doch ist diese Verzweigung der Gefäßbündel im Blattstiel den Farnen nicht allein eigen; sie findet auch in den blattartig verbreiterten Blattstielen anderer, namentlich dikotyledonischer Pflanzen, z. B. der

Auf einem Querschnitte des Blattstiels kann aber am besten die gegenseitige Stellung der Bündel beobachtet werden, und so findet man z. B. bei dem gemeinen Zungenfarn (Scolopendrium officinarum) zwei halbmondförmige, nahe beisammenliegende und mit ihren gewölbten Seiten gegen die Achse gekehrten Bündel, welche weiter oben zusammenfließen und ein einziges Bündel bilden; das Nämliche ist der Fall bei dem gemeinen Tüpfelfarn (Polypodium vulgare), wo die drei rundlichen in einem Dreieck um die Achse gestellten Bündel auch nach oben zu einem einzigen zusammentreten, in welchem man aber wie bei dem vorigen Beispiel noch die Abstammung aus mehreren Bündeln deutlich erkennt; bei dem männlichen Schildfarn (Aspidium Filix mas) sind die ebenfalls rundlichen Gefäßbündel in Form eines Hufeisens in einer Reihe stehend; bei dem goldenen Tüpfelfarn bilden sie fast einen Kreis; bei dem Adlerfarn (Pteris aquilina) sind die zahlreichen Gefäßbündel so gestellt, daß sie am Grunde des dicken Blattstiels die rohe Figur eines Doppeladlers bilden, die besonders auf einem schief geführten Querschnitt sich erkennen läßt, während weiter oben durch das Zusammenfließen mehrerer Bündel wieder andere Stellungsverhältnisse auftreten — und so ließen sich noch gar mancherlei Stellungsweisen der Ge-

---

Acacien, der stinkenden Nießwurz (Fig. 268, b) u. a. statt, wo entweder ein Hauptbündel durch die Mitte zieht und in seiner ganzen Länge nach beiden Seiten Aeste, die sich oft selbst wieder verzweigen, ausschickt, oder gleich vom Grunde aus mehrere Bündel als Längsnerven durch die Scheibe des Blattstiels ziehen, von welchen zahlreiche Seitenzweige ausgehen, die sich oft, wie bei der Schwarzholz-Acacie (Acacia Melanoxylon) (Bischoff Handb. d. Terminol. u. Systemk. Tab. 8. Fig. 192.), wieder untereinander verbinden und so zwischen den Nerven ein zierliches Adernetz bilden. Selbst in den blattförmig verbreiterten Aesten der Mäusedorn- (Ruscus) und Phyllanthus-Arten (a. a. O. Tab. 6. Fig. 166 u. 167) finden wir schon diese den Blattnerven ähnliche Verzweigung der Gefäßbündel, die sonst nur in den Knoten oder überhaupt am Ursprung der Knospen, aber doch nie in dem Grade und auf diese Weise, vorkommt. Diese blattförmigen Aeste und Blattstiele verhalten sich auch in ihrem ganzen innern Bau den verdünnten Blattscheiben ähnlich, indem sie wie diese auf jeder ihrer Flächen eine mit zahlreichen Spaltöffnungen versehene Oberhaut und dazwischen eine Mittelschichte aus grünem Parenchym besitzen, in welchem die Gefäßbündel liegen.

fäßbündel angeben, die auf dem Querschnitte des Blattstiels sich kund geben und häufig sehr zierliche Figuren bilden, wie ein Jeder, der beobachten will, es leicht selbst an lebenden Farnpflanzen nachsehen kann, da diese mannichfaltige Vertheilung der Gefäßbündel meist mit bloßem Auge, oder doch unter geringer Vergrößerung zu erkennen ist.

Bei den allermeisten Pflanzen sind in dem Blattstiel nur Ring- und Spiralgefäße vorhanden; nur in dem Blattstiel der Palmen und Farne kommen auch netzförmige (Treppen- oder punktirte) Gefäße neben den Spiralgefäßen vor. Bei den Palmen ist aber doch die Zahl der Spiralgefäße häufig größer, und zuweilen ist nur ein einziges punktirtes Gefäß im Bündel vorhanden; bei den Farnen aber sind auch die Spiralgefäße des Blattstiels dadurch ausgezeichnet, daß sich ihre Faser nicht abrollen läßt.

Wenn wir das Zellensystem im Blattstiel vergleichen, so finden wir zwar bei vielen Pflanzen eine gewisse Uebereinstimmung desselben mit den krautigen Stengeln und Trieben, oft aber auch durch die abweichende Stellung der Gefäßbündel die Verhältnisse der verschiedenen Lagen des Zellgewebes verändert. Im Allgemeinen sind die Zellen im Umfang des Blattstiels, unmittelbar unter der Oberhaut, kleiner und bilden eine, freilich nicht scharf begrenzte Rindenschichte, welche bei den nicht grün gefärbten Blattstielen in ihren äußersten Zellenlagen mit gefärbtem, meist rothem Safte erfüllt ist, wie bei dem Traubenholunder, dem Sauerdorn, der schwarzen Johannisbeere; zuweilen enthält diese Schichte auch getrennte Massen von engern, ungefärbten Zellen, wie im Blattstiel des gemeinen Hollunders, wo sie an den stumpfen Kanten, zwischen den grünen Rindenzellen liegen. Nach der Achse des Blattstiels hin erweitern sich die Zellen, und hier findet man sie durchgängig in der Nähe der Gefäßbündel mit grünen Chlorophyllkörnern erfüllt. Wo die Gefäßbündel sich der Kreisstellung nähern, hat das von ihnen umschlossene Zellgewebe die weitesten Zellen, und da diese in dicken Blattstielen bald ihren Saftinhalt verlieren und vertrocknen, so bildet sich hier eine mehr oder weniger deutliche Markröhre, wie in den ältern Blattstielen der Hollunder-Arten, der großen Sonnenblume, der schwarzen Johan

nisbeere und des Wunderbaums, welche sogar durch das theilweise Zerreißen der Zellenwände hohl wird, wie namentlich bei der zuletzt genannten Pflanze.

Die Blattstiele der Sumpf- und Wasserpflanzen, z. B. der Seerosen, der Wassernuß, des Schlangenkrautes (Calla), aber auch anderer, namentlich monokotyledonischer Pflanzen, wie des geöhrten Kaladiums und des Pisangs (Musa), enthalten zahlreiche, regelmäßige, im ganzen Parenchym zerstreute Luftgänge, welche in Zwischenräumen mit meist durchlöcherten, aus strahligen Zellen gebildeten Querwänden versehen sind, und im Blattstiel der Seerosen sieht man auf Quer- und Längenschnitten die merkwürdigen, sternförmigen, früher (§. 12.) beschriebenen Zellen in die Höhlen der Luftgänge hineinragen, während bei der Wassernuß die kleinen knopfförmigen Zellen mit den eingeschlossenen Krystalldrusen an den Wänden der Lufthöhlen, wie im Stengel, vorkommen. Ueberhaupt sind auch in dem Parenchym der Blattstiele die Krystallbildungen nichts Seltenes, und man findet sie bei der Wunderblume, bei Pfeffer-Arten (z. B. Piper incanum) und vielen andern. Auch bei Hollunder-Arten kommen in dem Parenchym des Blattstiels, wie in der Rinde der Aeste, zahlreiche Zellen vor, welche mit einem weißen sehr feinkörnigen Stoffe erfüllt sind, dessen Körnchen durch ihre geradlinige Begrenzung sich als äußerst kleine Krystalle zu erkennen geben. Auch die Saftgänge und die Saftzellen der Gefäßbündel setzen sich durch den Blattstiel fort und stehen, so wie die Luftgänge desselben, mit jenen des Stammes in Verbindung. Keinem Blattstiel fehlt die Oberhaut, und diese ist in der Regel, wo sie nicht unter dem Wasser befindlich, mit Spaltöffnungen versehen und trägt, wie an den übrigen Theilen der mit einem Ueberzuge versehenen Pflanzen, Haare, Drüsen und Stacheln. Die letztern kommen namentlich auf den dicken Blattstielen mancher Palmen, wie bei der niedrigen Zwergpalme (Chamaerops humilis) vor, wo sie an den Rändern, ferner bei Rotang-Arten (Calamus) und andern Palmen (Acrocomia, Bactris, Desmoncus), wo sie über die ganze Oberfläche des Blattstiels zerstreut sitzen. Doch dürfen mit den randständigen Stacheln der fächelblättrigen Palmen nicht die Blattstieldornen verwechselt werden, welche bei vielen fiederblättrigen Arten, wie bei der Da-

:elpalme, der Oelpalme (Elaeis) und mehreren Kokospalmen, vorkommen und nur verkümmerte Fiederblättchen darstellen, daher auch immer mit Gefäßen durchzogen sind, woran wir jedesmal den Dorn vom wahren Stachel, als einem blosen Produkte der Oberhaut und Rindenschichte, unterscheiden können.

§. 109.

Wenn wir die Blattscheibe anatomisch untersuchen, so haben wir in derselben zuvörderst die schon (§. 45.) angegebenen drei Lagen, die Oberhaut der obern und untern Fläche und die zwischenliegende Mittelschichte zu unterscheiden. Mit dem Bau der Oberhaut, welcher gerade bei der Blattscheibe am mannigfaltigsten erscheint, brauchen wir uns hier nicht weiter aufzuhalten, da derselbe bereits weiter oben in seinen wichtigsten Abänderungen beschrieben worden. Es ist uns daher auch bekannt, daß bei einigen Pflanzen die Oberhaut der Blätter aus zwei Zellenlagen besteht, so wie, daß die meisten Dikotyledoneen und die Farne nur auf der untern, die meisten Monokotyledoneen auf beiden, die Pflanzen mit schwimmenden Blättern aber nur auf der obern Blattfläche Spaltöffnungen besitzen, während diese auf den völlig untergetauchten Blättern ganz fehlen.

Die Mittelschichte des Blattes besitzt dagegen bei den Gefäßpflanzen einen weit mehr zusammengesetzten Bau; sie enthält in ihrem Parenchym die Fortsetzungen der aus dem Stamm in den Blattstiel oder unmittelbor in die Blattscheibe ausgetretenen Gefäßbündel, deren Lage und übrigen Verhältnisse, so wie die der verschiedenen Schichten des Parenchyms selbst, auf verschiedene Weise wechseln. Mit Ausnahme einiger Farn'e, nämlich der Gattungen Hymenophyllum und Trichomanes, deren ganze Blattscheibe aus einer einzigen einfachen Zellenlage besteht, in welcher nur die Gefäßbündel der Nerven auf zwei Seiten mit verlängerten, engeren Zellen bedeckt sind, und so zwischen zwei einfachen Zellenlagen eingeschlossen liegen, besteht die mit Gefäßbündeln durchzogene Mittelschichte stets aus mehreren zusammengesetzten Zellenlagen. Diese sind nicht durch die ganze Mittelschichte gleich, sondern von verschiedener oft ganz entgegengesetzter Beschaffenheit. In den dünnern Blättern der dikotyledonischen Pflanzen und der Farne sind sie in bestimmter Folge über-

einander gelagert, und bestehen aus eben so bestimmten Zellenformen. Hier sind nämlich in der Regel die Zellen der zunächst an der obern Blattfläche befindlichen Lagen mehr gestreckt, und haben eine gegen diese Fläche senkrechte Stellung (Fig. 81, c), während die der untern Blattfläche zugekehrten Lagen tessularische (Fig. 81, d), am häufigsten aber rundliche Zellen enthalten. Die gestreckten Zellen der obern Schichtung legen sich fester aneinander und bilden eine dichte mit Saft und Chlorophyllkörnern erfüllte Masse, welche nur seltne und kleine Zwischenräume zeigt. In der untern Schichtung dagegen ist die Verbindung der rundlichen Zellen lockerer; es entstehen zahlreiche Zwischenräume oder Intercellulargänge [1]), welche anfangs enger und mit Säften erfüllt sind, in dem ausgewachsenen Blatt aber weiter werden und geräumige Lufthöhlen darstellen, die alle unter sich im Zusammenhange stehen; dabei dehnen sich häufig die mit Chlorophyllkörnern erfüllten Zellen nach mehreren Richtungen strahlig aus oder schließen sich auch nur mit ihren Seitenwänden fester aneinander an und umgeben so die Lufthöhlen, daß man, wenn eine dünne Schichte des Parenchyms der untern Blattfläche unter das Mikroskop gebracht wird, ein netzartiges Gewebe zu erblicken glaubt. Die Zahl der einzelnen Zellenlagen, woraus diese beiden Schichtungen des Blattparenchyms bestehen, ist nach der Dicke der Blätter verschieden. In dünnen Blättern besteht die obere Schichtung nur aus einer einfachen Lage gestreckter, und die untere aus zwei Lagen rundlicher Zellen. Dickere Blätter besitzen dagegen eine doppelte, und in manchen Fällen, wie beim Epheu, sogar eine dreifache Lage gestreckter Zellen, während zugleich auch die Lagen der untern Schichtung sich vermehren, immer aber zahlreicher sind als die der obern.

Indessen giebt es doch auch manche Ausnahmen von dieser Regel. So weichen z. B. die lederigen Blätter des elastischen Feigenbaums (Ficus elastica) und noch anderer Arten dieser Gattung darin ab, daß die einfache Lage der gestreckten, senkrecht stehenden, grünen Zellen sich nicht unmittelbar unter der Oberhaut der obern Blattfläche befindet, sondern durch eine Schichte größerer, farbloser Zellen davon getrennt ist und daher mehr

---

[1]) Unger, die Exantheme der Pflanzen Tab. 5. Fig. 25, d.

gegen die Mitte des Blattparenchyms liegt; die gegen die untere Blattfläche liegende Schichtung grüner Zellen verhält sich aber wie in den gewöhnlichen Fällen. In den dicken, fleischigen Blättern dikotyledonischer Pflanzen, wie der Dickblatt-Arten (Crassula), hat das Zellgewebe des ganzen Blattparenchyms einen mehr oder weniger gleichförmigen Bau, nur daß die zunächst an den Blattflächen liegenden Schichten aus kleinern Zellen bestehen und dunkler grün sind als die innern; bei manchen Arten jedoch, wie bei dem sichelblättrigen Dickblatt (Crassula falcata), kommt auch eine aus mehrern Lagen mehr gestreckter und senkrecht stehender Zellen bestehende Schichte vor, die aber nicht, wie in andern Blättern, an der obern, sondern an der untern Blattfläche liegt; doch ist auch hier wenigstens die äußerste, zunächst unter der Oberhaut befindliche Zellenlage aus kleinern, tessularischen Zellen gebildet.

In den Blättern der meisten Monokotyledoneen ist dagegen kein solcher Gegensatz weder in der Form, noch in der Lagerung der Zellen zu erkennen. Nur bei manchen, z. B. bei dem schwimmenden Laichkraut (Potamogeton natans), ist noch eine Lage gestreckter, senkrecht gegen die obere Blattfläche stehender Zellen unmittelbar unter der Oberhaut vorhanden. Bei den übrigen Monokotyledoneen treten aber keine so bestimmten oder nach einem allgemeinen Typus wiederkehrenden Schichtungsverhältnisse des Blattparenchyms auf, wie bei den Dikotyledoneen. Hier ist nämlich entweder das ganze Parenchym der Mittelschichte aus ziemlich gleichförmigen, tessularischen, durch Chlorophyllkörner grün erscheinenden Zellen zusammengesetzt, wie in den Blättern des gelben Milchsterns (Ornithogalum luteum), der gemeinen Siegwurz (Gladiolus communis) und des eisenfesten Drachenbaums (Dracaena ferrea), in dessen Blättern jedoch auf beiden Flächen unter der Oberhaut stellenweise eine einfache oder doppelte Lage mit rothem Safte gefüllter Zellen vorkommt, oder es sind die zunächst unter der Oberhaut beider Blattflächen liegenden Zellenlagen mit farblosem Safte erfüllt, und nur in der Mitte des Blattes befindet sich eine mit Chlorophyllkörnern angefüllte Schichte, wie bei der bandstreifigen Maranta (Maranta zebrina), der blutrothen Kranzblume (Hedychium sanguineum) und bei allen Palmen, deren Blätter

überhaupt sehr mannichfaltige Schichtungsverhältnisse zeigen, indem bei vielen nur die obern, bei andern auch die untern Zellen der grünen Schichte gestreckt und senkrecht gegen die Blattflächen gestellt sind, bei andern auf beiden Seiten, besonders auf der untern, quer gestreckte oder tessularische und nur in der Mitte dieser grünen Schichte senkrecht gegen die Blattflächen stehende Zellen vorkommen [1]) und wieder bei andern die ganze grüne Zellenmasse aus tessularischen Zellen besteht [2]). Der umgekehrte Fall tritt in den dicken fleischigen Blättern vieler Monokotyledoneen ein; bei den Aloe-Arten und bei der amerikanischen Agave z. B. liegt auf beiden Seiten unmittelbar unter der Oberhaut eine grüne Parenchymschichte, wovon die an der obern Fläche dicker und aus mehreren Lagen von gestreckten, senkrecht auf der Blattfläche stehenden Zellen gebildet ist, die an der untern Blattfläche aber aus kleineren polyëdrischen Zellen besteht; zwischen diesen grünen Schichten aber liegt eine Masse großer mit farblosem Saft erfüllter Zellen.

Sowohl unter den Dikotyledoneen als auch unter den Monokotyledoneen giebt es sehr viele Pflanzen, deren Blätter in ihrem Parenchym zahlreiche Krystallbildungen enthalten. Unter einer Menge von Pflanzen, in welchen man bereits das Vorkommen von Krystallen in den Blättern nachgewiesen hat, wollen wir aus den Dikotyledoneen nur den Weinstock, die Balsamine, die Wunderblume, die Hortensie, die gelbe Waldnessel (Galeobdolon luteum), die zweilappige Ginkgo und den elastischen Feigenbaum, aus den Monokotyledoneen das gemeine Schneetröpfchen (Galanthus nivalis), den schwimmenden Igelkolben (Sparganium natans), die bandstreifige Marante, die zweifarbige Tradescantie (Tradescantia discolor), mehrere Aloe-Arten (Aloë verrucosa, A. arborescens), die herzblättrige Pontederie (Pontederia cordata), die amerikanische Agave und fast alle Palmen nennen, wo sie bald in den äußern Zellenschichten in der Nähe der Oberflächen, bald in der Mitte des Blattes, bald durch das ganze Parenchym zerstreut vorkommen.

---

[1]) H. Mohl, de Palmarum structura. Tab. L. Fig. 5, aus Diplothemium maritimum. — 2) Das. Tab. K. Fig. 11, aus Chamaerops humilis.

Die Krystalle sind hier zwar meist spießförmig und bündelweis in besondere Zellen eingeschlossen; es kommen aber auch niedergedrückte Octaëder in den Oberhautzellen der Tradeskantie, und Krystalldrusen in den farblosen Zellen unter der Oberhaut der obern Blattfläche des elastischen Feigenbaums und, in besonders großer Menge, rings um die Gefäßbündel der Nerven bei der Ginkgo vor.

Außer den zahlreichen Luftbehältern, welche in den grünen Schichten des Parenchyms bei mono- und dikotyledonischen Pflanzen angetroffen werden, kommen in den Blättern mehr regelmäßig gebildete und der Länge nach parallel mit den Nerven und zum Theil in denselben verlaufende Luftgänge vor. Sie finden sich jedoch vorzugsweise in den Blättern der Monokotyledoneen, wie des Pisangs, des wohlriechenden Pandanus, des geöhrten Kaladiums und namentlich der Wasser- und Sumpfpflanzen, wie der Laichkräuter (Potamogeton natans, P. pectinatum etc.), und unter den Dikotyledoneen sind es fast nur die im Wasser und in Sümpfen wachsenden Pflanzen, deren Blätter damit versehen sind; dahin gehören der Tannenwedel (Hippuris), das Tausendblatt (Myriophyllum), das Hörnerblatt (Ceratophyllum), die Wassernuß, die Seerosen, die Dotterblume (Caltha palustris) u. a. m. Unter den kryptogamischen Gefäßpflanzen besitzen ebenfalls die dem Sumpf und stehenden Wasser angehörenden, wie das Pillenkraut (Pilularia) und Brachsenkraut (Isoëtes), solche die ganze Länge des Blattes durchziehenden Luftgänge. Diese sind in den meisten Fällen, wie im Stengel und Blattstiel, mit strahligzelligen Querwänden versehen, welche man bei den dünnen, durchscheinenden Blättern, z. B. des kammförmigen Laichkrautes und des Brachsenkrautes, wenn dieselben gegen das Licht gehalten werden, von Außen schon erkennt und dann leicht für kurze Quernerven halten kann. Die Luftgänge liegen gewöhnlich in größter Anzahl in der Mittelrippe des Blattes um die Gefäßbündel, und wenn dabei die Blätter schmal sind, wie bei den beiden zuletzt genannten Pflanzen, so nehmen diese Gänge die Hauptmasse des Blattes ein. In den Blättern der Seerosen enthalten die größern in der Mittelrippe liegenden Luftgänge ebenfalls die sternförmigen Zellen, wie im Blattstiele, und

auch in dem Blatte des geöhrten Kaladiums sieht man in die Luftgänge des Hauptnerven einzelne verlängerte, mit Bündeln spießiger Krystalle erfüllte Zellen hineinragen. In dem Blatte des Pandanus kommen sie in den strahligen Zellen der Querwände vor; hier finden sich aber, außer den regelmäßigen mit Querwänden versehenen Luftgängen, auch noch unregelmäßige Lücken, welche in dem ältern Blatte durch Zerreißung der abgestorbenen Zellenwände entstehen und ursprünglich nicht vorhanden waren.

Das Merkwürdigste bei allen Lufthöhlen der Blätter ist jedoch ihr allgemeiner Zusammenhang mit den Spaltöffnungen der Oberhaut. Unter jeder Spaltöffnung befindet sich nämlich in der zunächst von der Oberhaut bedeckten Schichte des Parenchyms eine Lufthöhle, die häufig weiter ist als die übrigen in dem Zellgewebe zerstreuten Höhlen; selbst da, wo die Zellen im Uebrigen sich enger aneinander schließen und nur wenig erweiterte Intercellulargänge bilden, wie in den Blättern der Agave und der Siegwurz, erkennt man doch auf einem zarten Querschnitte der Blattscheibe unter jeder Spaltöffnung einen weitern lufthaltenden Raum, welcher durch die Spaltöffnung mit der atmosphärischen Luft in Verbindung steht. Wenn man von einem mit Spaltöffnungen versehenen Blatt einer dikotyledonischen Pflanze, z. B. des Epheus, ein Stückchen Oberhaut von der untern Blattfläche so ablöst, daß noch etwas von der grünen Zellenlage der Mittelschichte daran hängen bleibt, und nun dasselbe von der innern Seite unter dem Mikroskope betrachtet, so sieht man, daß jedem Zwischenraum des grünen Parenchyms eine Spaltöffnung entspricht, die zwar nicht immer gerade in die Mitte desselben fällt, aber doch jedesmal so liegt, daß die Lufthöhle gleichsam in sie ausmündet. Diese zunächst unter den Spaltöffnungen liegenden Lufthöhlen stehen aber nicht nur größtentheils untereinander und mit den übrigen im Parenchym zerstreuten Lufthöhlen, sondern auch mit den regelmäßigen Luftgängen und Lücken des Blattes, und somit auch der übrigen Theile der Pflanze in Verbindung, wodurch eine Gemeinschaft der atmosphärischen Luft bis zu den innersten Theilen der Pflanze hergestellt ist.

Endlich sieht man nicht nur die Saftzellen der Gefäßbündel, sondern auch die eigenen Saftgänge des Parenchyms aus dem Stamme und Blattstiel in die Mittelschichte der Blattscheibe sich fortsetzen, wo

jedoch auch die letztern nur dem Zuge der Nerven folgen, die sie aber auch überall hin durch das ganze Blatt begleiten. In Blättern, welche gefärbten Milchsaft enthalten, wie in jenen des gemeinen und elastischen Feigenbaums, kann man das Strömen der Saftkügelchen in den Saftgängen sehr gut beobachten, wenn man dünne Längenschnitte aus dem Mittelnerven unter dem Mikroskope betrachtet. Auch in den Blättern der Zapfenbäume sind die harzführenden Saftgänge auf einem Querschnitte leicht zu sehen, da sie hier sehr groß sind, wie bei der Weißtanne, wo sie am Rande des Blattes, und bei der zweilappigen Ginkgo, wo sie durch die ganze Blattfläche zwischen den Nerven liegen. Die drüsenartigen Saftbehälter, welche unter der Oberhaut der Blätter vieler Pflanzen, z. B. des Citronen- und Pomeranzenbaumes und der Johanniskraut-Arten (Hypericum) vorkommen und, namentlich bei den letztern, den Blättern ein durchsichtig punktirtes Ansehen geben, oft aber auch schwarze Punkte darstellen, gehören ebenfalls dem Parenchym an und liegen gewöhnlich in der grünen, lockern Zellenschichte gegen die untere Blattfläche hin [1]).

Es bleibt uns noch das Gefäßsystem der Mittelschichte des Blattes zu untersuchen übrig. Der Zug und die Vertheilung der Gefäßbündel ist in den gewöhnlichen, dünnen Blättern durch die Blattnerven angezeigt und daher schon von Außen und meist mit unbewaffnetem Auge zu erkennen. Die verschiedenen Arten des Verlaufes und der Verzweigung der Nerven in den Blättern, worauf zum Theil die Form der Blattscheibe beruht, sind schon früher (§. 46.) aufgeführt worden, und wir können daher sogleich zum innern Bau der Nerven selbst übergehen. Kein über das Parenchym vorstehender Blattnerv ist blos aus Gefäßbündeln gebildet, sondern enthält in seinem Umfange eine mehr oder weniger bedeutende Lage von Parenchym, dessen äußerste Zellen zwar gewöhnlich etwas mehr in der Richtung des Nerven verlängert, aber doch noch nicht als Bastzellen zu betrachten sind, sondern eher die Fortsetzung einer auch im Blattstiel noch angedeuteten Rindenlage darstellen. Diese das Gefäßsystem der Nerven umge-

---

[1]) Bischoff, Handb. d. Terminol. u. Systemk. T. 47. Fig. 2164, c. Fig. 2181 *.

benden Parenchymzellen sind fast nie durch Chlorophyllkörner grün, sondern entweder durch einen (meist rothen) Saft gefärbt oder auch farblos. Das eben Gesagte gilt hauptsächlich von dem Hauptnerven oder der Mittelrippe des Blattes, ist aber auch von den stärkern Neben- und Seitennerven gültig. Nur von beiden Seiten schließt sich das grüne Parenchym in den meisten Fällen an das Gefäßbündel an, während gegen die obere und untere Blattfläche anders gefärbtes oder farbloses Zellgewebe liegt, und gerade die unten und oben über die grüne Blattscheibe vortretende Wölbung der Nerven besteht ganz oder doch zum größten Theil aus diesem Zellgewebe, da die Gefäßbündel mehr oder weniger in der Mitte des Nerven liegen. Nur in den feinern Verzweigungen der Nerven, welche sich wenig oder gar nicht über die Oberfläche der Blattscheibe erheben, sind die Gefäßbündel von dem grünen Parenchym mehr oder weniger vollständig umschlossen. In dicken, lederigen oder fleischigen Blättern, wo die Nerven gar nicht an die Oberfläche der Scheibe gelangen, sind auch die Gefäßbündel, die hier allein die Nerven ausmachen, immer unmittelbar von den unveränderten Zellen derjenigen Schichte des Parenchyms, in welcher sie liegen, umgeben.

Vergleichen wir die Gefäßbündel der Blattnerven selbst genauer, so finden wir auch hier in der Stellung und Form derselben bei mono- und dikotyledonischen Pflanzen im Allgemeinen noch einen auffallenden Unterschied. In den dicken Hauptnerven größerer Blätter der Monokotyledoneen, z. B. der Palmen, des Pisangs, der Blumenrohre (Canna), der Aron-, Schlangenkraut- und Kaladium-Arten, des Mays, stehen die Gefäßbündel, deren immer eine bedeutende Anzahl vorhanden ist, wie im Stamm und Blattstiel mehr oder weniger (scheinbar ohne Ordnung) zerstreut, und eine Reihe von Bastbündeln liegt zunächst dem Umfang, gegen die untere Blattfläche; wo aber nur ein einziges Gefäßbündel die Mittelrippe durchzieht, wie bei dem schwimmenden Laichkraut, da zeigt dasselbe auf dem Querschnitte des Blattes eine rundliche Schnittfläche; in dicken, fleischigen Blättern, auf deren Oberfläche keine Blattnerven zu sehen sind, liegen die Gefäßbündel entweder durch das ganze großzellige Parenchym zwischen den äußern grünen Lagen der Mittelschichte zerstreut, wie bei der

amerikanischen Agave, oder sie stehen nur am innern Rande der grünen Lagen und das farblose Parenchym in der Mitte enthält keine Gefäße, wie bei Alve-Arten. Bei denjenigen Dikotyledoneen dagegen, wo in der vorspringenden Mittelrippe mehrere Gefäßbündel vorkommen, stehen diese, wie im Blattstiel, in einer einzigen Reihe und schließen sich zum Kreis, wie bei der Balsampappel, oder zum Halbkreis, wie in den Blättern mehrerer Feigenbäume; wenn aber nur ein einziges Bündel vorhanden ist, so hat auch dieses eine halbmond- oder hufeisenförmige Schnittfläche, wie in den Blättern der Winter-Levkoje, der Rainweide, des gemeinen Weißdorns, der schwarzen Johannisbeere, des Epheu's, der Wassernuß u. v. a. Nur in den schmalen und dünnen Blättern, besonders der Wasserpflanzen, z. B. der Tausendblatt-Arten und der Wasserranunkeln, deren untergetauchten Blätter fast nur aus Blattnerven bestehen, enthalten diese ein einzelnes, rundliches, fadenförmiges Gefäßbündel; dagegen sieht man auch in den fleischigen Blättern dikotyledonischer Pflanzen, wie der Dickblatt-Arten, die Gefäßbündel in der Mitte des Parenchyms in einer bogenförmigen Reihe geordnet, wobei das der Mittellinie des Blattes entsprechende Bündel dicker ist als die übrigen und gleichsam den Hauptnerven andeutet. Da sich hier die Gefäßbündel nach allen Seiten in dem Parenchym der dicken Mittelschichte verzweigen, so kommen gegen die beiden Oberflächen des Blattes zwar auch noch kleinere Bündel vor, die jedoch ebenfalls in parallelen bogenförmigen Reihen liegen. Hier haben die einzelnen Gefäßbündel, wie bei den Monokotyledoneen, rundliche Schnittflächen. Auch in den schmalen Blättern der Fichten und in den sonderbar gestalteten der zweilappigen Ginkgo sind die dünnen Gefäßbündel der Nerven rundlich, so wie überhaupt in den zarteren Neben- und Seitennerven der Blätter bei beiden Abtheilungen des Pflanzenreichs die rundliche Form der Gefäßbündel allgemein auftritt und der in den Hauptnerven fast durchgehends deutlich ausgesprochene Unterschied verschwindet. Auf der dicken Mittelrippe größerer Blätter, wo eine bedeutende Parenchymschichte zwischen den Gefäßbündeln und der Oberhaut liegt, wie bei den Blumenrohren, dem Pisang, dem elastischen Feigenbaum u. a., sind die Zellen der

letztern in ihrer Form mit den übrigen Oberhautzellen übereinstimmend, und auch die Spaltöffnungen sind, wenigstens an der untern Blattfläche, hier vorhanden, während auf den feinern Neben- und Seitennerven die Oberhautzellen mehr verlängert sind und die Spaltöffnungen fehlen. Die Gefäßbündel der Blattnerven enthalten in den meisten Fällen nur Spiral- und Ringgefäße, doch sind in den Blättern der Palmen auch netzförmige (punktirte) Gefäße gefunden worden. Auch in den Blättern der Farne kommen dieselben, nebst unabrollbaren Spiralgefäßen, vor; hier tritt in der Stellung und Form der die Blattspindel und Hauptnerven durchziehenden Gefäßbündel wieder eine ähnliche Mannigfaltigkeit auf, wie im Blattstiele dieser Pflanzen, welche aber zu verfolgen uns zu weit von unserm Zweck abführen würde.

Was über den innern Bau der Blätter gesagt wurde, gilt ebensowohl auch von den Nebenblättern (§. 48.), da diese nichts weiter als besondere Blattscheiben am Grund eines Mittelblattes sind. Sie erhalten ihre Gefäßbündel, wie jenes, unmittelbar aus dem Stamm oder Ast, und diese verzweigen sich in denselben auch auf ähnliche Weise. Da aber gar häufig die Nebenblätter dünn, häutig, gefärbt und hinfällig sind, so fehlen ihrer Mittelschichte in diesen Fällen die verschiedenen grünen Zellenlagen, auch die Spaltöffnungen der Oberhaut werden dann entweder vermißt oder sind nur unvollständig ausgebildet. Doch dieses ist auch bei den übrigen in die Schuppenform oder in Ranken und Dornen umgewandelten Blättern der Fall, bei welchen mehr oder weniger die Masse des Parenchyms der Mittelschichte verschwunden ist und oft nur noch die mit der Oberhaut umkleideten Blattnerven vorhanden sind. Die blüthenständigen Blätter (S. 211), welche schon in ihrer äußern Bildung wenig oder gar nicht von den übrigen Blättern des Stammes und der Aeste verschieden sind, verhalten sich auch in ihrem innern Bau denselben ganz gleich. Die Deckblätter oder Bracteen (S. 210), welche häufig kleiner, dünner und anders gefärbt erscheinen und in vielen Fällen eben so hinfällig sind, wie die dünnhäutigen Nebenblätter, kommen in ihrem innern Bau mehr oder weniger mit diesen überein; die höhere Färbung derselben rührt von gefärbten Säften her, welche in dem zunächst unter der Oberhaut liegenden Parenchym, seltener in den Oberhautzellen selbst enthalten sind; die braune Farbe ist aber, wie bei

Blättern und Nebenblättern, gewöhnlich eine Folge des Abgestorbenseyns dieser Theile, und nur in manchen Fällen, wie bei Sommerwurz-Arten (Orobanche), der Vogelnestwurz (Epipactis Nidus avis) und einigen andern Orchideen, sehen die schuppenförmigen Blätter und Bracteen schon in ihrem frischen und lebenden Zustande bräunlich oder leichenfarben aus, und hier müssen auch im Parenchym enthaltene farbige Säfte die Ursache dieser Färbung seyn, an welcher selbst der Stengel mehr oder weniger Antheil nimmt. Auch in den Deckschuppen der Knospen, welche schon in ihrem frischen Zustande braun, wie bei Pappeln, roth, wie bei dem Traubenhollunder, gefärbt sind, rührt die Färbung von einem unmittelbar unter der Oberhaut in den Zellen der im Innern grünen Mittelschichte enthaltenen farbigen Safte her [1]). In diesen und andern verschmälerten, zu Schuppen umgewandelten Blättern sind endlich im Allgemeinen auch die Gefäßbündel in geringerer Anzahl vorhanden, dabei dünn und meist wenig oder gar nicht verzweigt.

5. Von dem innern Bau der Blüthentheile.

§. 110.

Da alle Theile der Blüthe, wie wir wissen, zur Blattbildung gehörige Organe sind, so werden wir auch im Allgemeinen im innern Bau derselben eine größere oder geringere Aehnlichkeit mit den Blättern erwarten dürfen, und wir müssen daher diesen Bau stets vergleichend mit dem der übrigen Blätter verfolgen.

Der Kelch, welcher, als der äußerste Cyklus der doppelten Blüthendecke, meist noch im Aeußern eine den Bracteen ähnliche Bildung zeigt, verhält sich auch in seinem innern Bau den Blättern am ähnlichsten. Die Oberhaut desselben besizt auf seiner äußern, der untern Blattfläche entsprechenden Seite, namentlich in den Fällen, wo er noch grün gefärbt ist, zahlreiche Spaltöffnungen, während diese auf der innern, der obern Blattfläche entsprechenden Kelchseite meist ganz fehlen. Ein eigentlicher Kelch ist vornehmlich den meisten Dikotyledoneen eigen und kommt bei monokotyledonischen Pflanzen weit seltner vor; aber auch

---

[1]) Bei den Knospen der gemeinen oder Hohesche rührt dagegen die schwarze Farbe von zahlreichen Papillen her, in welche die Oberhautzellen selbst umgeändert sind und die einen schwarzbraunen Färbestoff einschließen.

hier zeigt derselbe, wo er vorhanden ist, wie bei den Palmen, nur auf seiner äußern, nie auf der innern Fläche Spaltöffnungen, und in vielen Fällen fehlen diese selbst auf der äußern Kelchfläche. Die Zahl der Spaltöffnungen nimmt aber auf den gefärbten Kelchen überhaupt ab, und die Kelche der Linden, der Kapuzinerkresse und Pimpernuß besitzen nur sehr wenige Spaltöffnungen. Die Mittelschichte, welche sich bei gewöhnlichen, grünen Kelchen wenig von der der dünnern Blätter unterscheidet, außer daß ihr Parenchym meist nur aus einer einfachen Schichte gleichförmiger Zellen besteht, nimmt in den gefärbten Kelchen ebenfalls eine den Blumenblättern mehr ähnliche Beschaffenheit an. Doch wird die Färbung des Kelches meist noch durch die Säfte der unter der Oberhaut liegenden Zellen hervorgebracht, und weit seltner ist der färbende Stoff in den Oberhautzellen selbst enthalten, wie bei der glänzenden Salbei (Salvia splendens). In dickern Kelchen dagegen bilden sich auch mehrere Lagen verschieden gestalteter Zellen, zwischen welchen dann, wie in den Blättern, Lufthöhlen und Gänge entstehen. Die Gefäßbündel breiten sich in der Mittelschichte des Kelches aus und zeigen eine eben so große Mannichfaltigkeit in ihrem Verlauf und in ihrer Verzweigung, wie in den Blättern; doch sind die Kelchblätter gewöhnlich in dieser Hinsicht von den übrigen Blättern verschieden; denn oft ist die Verzweigung der Nerven im Kelche stärker als im Blatte, wie bei dem blasigen Leimkraut (Silene inflata) und selbst bei Tradeskantien, während bei andern, wie bei dem kegelfruchtigen Leimkraut und den Palmen, nur einfache, der Länge nach verlaufende Nerven im Kelche vorkommen. In den freien, verwachsenblättrigen Kelchen findet man sehr häufig, daß ihre Blätter, soweit deren Verwachsung reicht, auch auf jedem ihrer Ränder mit einem Längsnerven versehen sind, was bei den Blättern des Stammes und der Aeste nicht der Fall ist, da hier die äußersten Nerven immer in einiger Entfernung vom Rande liegen. In den sehr dicken Kelchen mancher Palmen sind endlich die Gefäß- und Bastbündel auf ähnliche Weise, wie in dem Parenchym der Blätter und Blattstiele, zerstreut. Wenn die Kelchblätter aus umgewandelten Blattstielen entstanden sind, wie bei der stinkenden Nießwurz (Fig. 261 B, d.), so verhalten sie sich den aus Blattscheiden

herrührenden in ihrem innern Bau analog, da, wie wir schon gesehen haben, die blattartig verbreiterten Blattstiele mit der äußern Gestalt auch den innern Bau der Blattscheiben annehmen. Die dünnhäutigen Kelche der Gras- und Strandnelken (Statice, Armeria), des gelben Enzians u. a. verhalten sich den in Schuppenform umgeänderten Deckblättern gleich. In den mit einer höhern Färbung versehenen Kelchen der Fuchsien, der Sturmhut- und Ritterspor n-Arten nähert sich der Bau aber mehr dem der Blumenblätter, und wenigstens bei den Rittersporn en kommen schon auf der innern Oberfläche die mit gefärbtem Safte erfüllten Papillen der Oberhaut vor, wie sie gewöhnlich bei der Blume angetroffen werden.

In der Blume weicht der innere Bau schon mehr von dem der gewöhnlichen Blätter ab. Die Spaltöffnungen der Oberhaut werden hier seltner, kommen nur auf der äußern Fläche vor und fehlen sehr häufig ganz. Dagegen erheben sich in den meisten Fällen die Oberhautzellen der innern Blumenblattfläche in kleine, warzenähnliche Höckerchen (Papillen), welche bei gefärbten Blumen unmittelbar den Färbestoff einschließen und durch ihren Glanz den schönen sammetartigen Schiller verursachen, der auf vielen, besonders auf dunkler gefärbten Blumen bemerkt wird. Das Parenchym der Mittelschichte ist in den zärteren Blumen, die bei weitem die Mehrzahl bilden, aus mehr gleichförmigen Zellen gebildet, welche keine Chlorophyllkörner, sondern einen gefärbten oder farblosen Saft enthalten. Doch weichen die meist dicken Blumenblätter der Palmen in mancher Hinsicht von denen der übrigen Pflanzen sehr ab, indem sie, außer der häufig grünen Farbe, auch in ihrem innern Bau sich dem Kelche viel ähnlicher verhalten, und bei manchen, wie bei der Dattelpalme und bei Lodoicea maldivica, (deren Blumenblätter, wie überhaupt bei den Palmen, nebst dem Kelche bleibend sind, sich mit der Fruchtreife vergrößern und viel fester werden) verdicken sich die Zellenwände der äußern Parenchymlage sehr bedeutend und werden punktirt; dadurch erhält die Blume eine lederartige oder fast holzige Konsistenz; bei der zuletzt genannten Palme kommen auch noch Lufthöhlen in dem Parenchym der Blume, wie in dem des Kelches vor, und bei den Schirmpalmen (Corypha) sind zahlreiche Krystalle im Zellgewebe der Blume enthalten. Die

Gefäßbündel der Blume sind in der Regel dünner und zärter als in dem Kelche; daher hat die Blume auch weniger vorspringende Nerven; doch sind diese meist, ohne Unterschied bei Mono- und Dikotyledoneen, vielfach verzweigt, was sich bei dünnen Blumen schon von Außen erkennen läßt, wenn man dieselben gegen das Licht gehalten betrachtet; oft sind auch die Nerven und Adern schon auf der Oberfläche der Blumenblätter durch eine dunklere Färbung ausgezeichnet, wodurch ihr Verlauf noch mehr in die Augen fallend wird, wie bei dem Bilsenkraut, den Malven u. a. m. Die Gefäßbündel bestehen, wie auch schon im Kelche, meist nur aus wenigen Spiralgefäßen, mit einer dünnen Lage von engen, gestreckten Zellen rund umgeben, und endlich lösen sie sich in einzelne Spiralgefäße auf, welche aber nie ganz bis zum freien Rande der Blumenblätter reichen, sondern in dessen Nähe vorbeiziehen oder sich blind endigen.

Die einfache Blüthendecke oder die Blüthenhülle stimmt in ihrem innern Bau bald mit dem Kelche, bald mit der Blume überein, je nachdem schon in ihrer äußern Bildung eine größere Aehnlichkeit mit jenem oder mit dieser ausgesprochen ist. Wo dieselbe auf ihrer Rückseite noch grün oder überhaupt mehr kelchähnlich und auf der innern Fläche gefärbt und blumenartig ist, wie bei Milchsternarten (Ornithogalum) und dem Oleaster (Elaeagnus), da sind auch die den beiden Flächen entsprechenden Lagen der Mittelschichte verschiedenen Baues und Inhaltes, jedoch dabei unvermerkt in einander übergehend. Es ist hier durchaus kein Grund vorhanden, mit manchen frühern Schriftstellern anzunehmen, daß in solchen Fällen Kelch und Blume völlig mit einander verschmolzen oder gleichsam aufeinander geklebt seyen, da vielmehr diese Blüthenhüllformen nur einen mehr allmähligen Uebergang aus der tiefern Blattbildung in die Blüthenbildung darstellen, als die auf beiden Seiten gleich lebhaft gefärbten Blüthenhüllen, was jedoch kaum vorzukommen scheint, indem die äußere Fläche der Blüthenhüllblätter meist noch einen grünlichen Anflug oder wenigstens, wie dies selbst bei der Blume der Fall ist, eine mattere Färbung zeigt. In den kleinen, zarten, schuppenförmigen Blüthenhüllblättchen der Gräser kann man meist keine deutlichen Gefäße erkennen; daß diese aber auch hier nicht ganz fehlen, beweist die dreiblättrige Blüthenhülle des Bam-

busrohrs, in deren durchscheinenden Blättchen sie mehrere parallele Längsnerven bilden [1]).

Die Träger der Staubgefäße haben da, wo sie noch breit und blumenblattartig sind, wie bei den Scitamineen (Canna, Maranta) und an den äußersten Staubgefäßen der weißen Seerose, auch einen mit den Blümenblättern übereinstimmenden Bau; aber auch die dünnern, mehr oder weniger fadenförmigen Träger, wie sie am häufigsten gefunden werden, weisen sich in ihrem innern Bau als zusammengezogene Blumenblätter aus. Nach dem Grade ihrer Zusammenziehung enthalten sie immer weniger Gefäßbündel, bis endlich in den vorherrschenden, zum Faden verdünnten, und selbst in den meisten stielrundlichen, wenn auch noch dickeren Formen ein einziges dünnes Bündel, einige äußerst zarte Gefäße und schmale Zellen enthaltend, und auch in das Konnectiv sich fortsetzend, vorhanden ist. Um dasselbe liegt dann eine dünne Lage tessularischer, dünnwändiger Zellen, welche von der fast immer porenlosen Oberhaut umkleidet wird.

Der innere Bau der Anthere ist dagegen, wie uns schon die äußere Bildung derselben vermuthen läßt, mehr zusammengesetzt. Das Konnectiv, welches nur eine Fortsetzung des Trägers bildet, stimmt auch in seinem anatomischen Bau mit diesem überein; es enthält allein ein einzelnes, selten mehrere Gefaßbündel, und in die Säcke der Antherе gehen keine Gefäße ein. Diese Säcke oder Antherenfächer, deren gewöhnlich in der ausgebildeten Antherе nur zwei vorhanden sind, werden in der unreifen Antherе meist durch eine von dem Konnektiv bis zur Naht der Klappen reichenden Scheidewand wieder in zwei Fächer getheilt, wodurch die unausgebildete Antherе auf einem Querdurchschnitte vierfächerig erscheint. Die Klappen selbst sind außen, wie alle freien blattartigen Theile, mit einer Oberhaut bekleidet, welche in manchen Fällen, wie bei der Kaiserkrone und der Tulpe, auch noch mit Spaltöffnungen versehen ist. Unter der Oberhaut liegt aber eine einfache oder mehrfache Schichte der früher (§. 14.) beschriebenen Faserzellen, die bald in die Länge gezogen und dabei in senkrechter Richtung, bei Narcissen, oder in die Quere liegend, bei der Gartenhyacinthe und

---

[1]) Bischoff, Handb. d. Term. u. Syst. T. 32. Fig. 1057, a. b.

der tatarischen Lonicere, oder senkrecht auf der Oberhaut stehend, bei dem Aron, dem Schlangenkraut (Calla) und der Roßkastanie (Fig. 48.), bald tessularisch und entweder rundlich, bei der Kaiserkrone (Fig. 46.), oder polyëdrisch, bei manchen Palmen, erscheinen. Diese Faserzellen, welche offenbar dem Parenchym der Mittelschichte des Staubbeutels angehören, kleiden die ganze Innenseite der Antherensäcke aus, gehen häufig selbst in die Scheidewände derselben ein und setzen sich in vielen Fällen sogar unter der Oberhaut über die Rückenseite des Konnectivs fort [1]). Niemals ist die innere Fläche der Antherensäcke mit einer Oberhaut ausgekleidet, was aber so gut wie in den Fächern der Frucht seyn müßte, wenn die Anthere aus einer Einrollung des Staubgefäßblattes entstanden wäre, und dieser Mangel der Oberhaut bestätigt um so mehr die (S. 323) ausgesprochene Ansicht, daß die Anthere eine in der Substanz des Blattes erzeugte Bildung sey, und daß die Antherenfächer

---

[1]) H. Mohl (de struct. Palmar. Tab. M. Fig. 4.), giebt eine Abbildung des Querschnittes aus der reifen, aber noch geschlossenen Anthere von Chamaerops humilis, worin die verschiedenen Schichten der Fächer und des Konnectivs der Anthere äußerst klar vor Augen gelegt sind. Nach der eben so genauen Erklärung, welche (a. a. O. S. XXXVII. §. 108.) von dem Bau der Faserzellen in den Antheren gegeben wird, sind in den Wänden derselben weder Spalten, wie Mirbel wähnte, noch freie Spiralfasern, wie Meyen annahm, noch den Zellenwänden angewachsene Fasern, die bald fest, bald hohl seyn sollten, oder sogar feine in der Zellenmembran selbst entstandene Kanäle, wie Purkinje glaubte, vorhanden, sondern das faserige Ansehen dieser Zellen entsteht aus derselben Veränderung, durch welche in den übrigen Pflanzenzellen, deren Wände sich verdicken, vertiefte Punkte entstehen (S. 32), und die Fasern der Zellen bilden sich dadurch, daß die Zellenmembran an einigen Stellen dicker wird. Die Zwischenräume zwischen den Fasern sind mit den Punkten der übrigen Zellen zu vergleichen. Mohl hat die deutlichen Uebergänge zu den gewöhnlichen punktirten Zellen in den Antheren mehrerer Palmen (der Iriartea exorrhiza, Tab. M. Fig. 19, und Maximiliana regia, Tab. P. Fig. 8., ferner in den verkümmerten Antheren der weiblichen Blüthe von Lodoicea maldivica, Tab. M. Fig. 17. und Fig. 5.) nachgewiesen. Auch hat derselbe gefunden, daß in der jungen Anthere die unter der Oberhaut der Antherenklappen liegenden Zellen dünne und glatte Wände haben, und daß die verdickten, den Fasern ähnelnden Stellen erst allmählig in der reifenden Anthere entstehen.

nur eine Art von Höhlungen in der Mittelschichte des Blattes darstellen.

Der Bau der Pollenkörner ist bereits zur Genüge (§. 70.) erklärt und selbst die Textur ihrer verschiedenen Membranen (S. 328) im Allgemeinen beschrieben worden, da sich dieselbe schon von Außen unter einer hinlänglichen Vergrößerung darstellt und auch wegen der Kleinheit der Körner keine weitere Zergliederung zuläßt. In Bezug auf die äußere, stets derbere Haut der Pollenkörner ist jedoch noch zu bemerken, daß dieselbe in allen Fällen, wo sie keine deutliche zellige Textur zeigt, ein fein punktirtes, gleichsam körniges Ansehen hat (Fig. 320, A a. Fig. 321. a b c. Fig. 322, c. Fig. 326, b c.). Hier glaubt H. Mohl [1]) annehmen zu dürfen, daß das körnige Aussehen der äußern Membran wirklich davon herrühre, daß dieselbe aus äußerst kleinen Zellen zusammengesezt sey, wenn auch die optischen Hülfsmittel nicht hinreichen, um uns diese Körner deutlich als Zellen erkennen zu lassen. Diese Annahme wird besonders dadurch wahrscheinlich gemacht, daß sich bei einigen Pollenarten wirkliche Uebergänge von einer dieser Bildungen in die andere finden, indem in der Mitte des Korns die Membran deutlich zellig, an den Spitzen desselben körnig ist, wie bei der breitblättrigen Pitcairnie (Pitcairnia latifolia), auch häufig bei andern Arten derselben Gattung, z. B. den Grasnelken (Statice), Schleifenblumen (Iberis) und Schwertlilien (Iris), Pollenkörner mit ausgesprochener zelliger Haut vorkommen. Hiernach müßte also in allen Fällen eine zellig zusammengesetzte Textur der äußern Pollenhaut angenommen werden. Die Wärzchen und Stacheln, welche auf vielen Pollenkörnern vorkommen, bestehen immer aus einer einzigen, besondern Zelle, welche, wie die übrigen Zellen der äußern Pollenhaut, eine ölige Flüssigkeit enthält, und die Stacheln scheinen oft, besonders bei Korbblüthigen, an der Spitze ein Tröpfchen davon auszuschwitzen, wie auch bei andern Pflanzenhaaren, denen sie überhaupt zu vergleichen sind, ähnliche Aussonderungen stattfinden. Daß auch Krystalle in der Höhle der Antherensäcke abgesetzt werden, beweist das giftige Ka-

---

[1]) Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse. Erstes Heft, über den Bau der Pollenkörner. S. 17.

ladium (Caladium seguinum), bei welchem zwischen den Pollenkörnern octaëdrische Krystalle gefunden wurden.

Die Nebenblumen (S. 296) und Stempelhüllen (S. 312) verhalten sich, da dieselben eine theils zwischen Blumenblättern und Staubfäden, theils zwischen diesen und den Fruchtblättern schwankende Bildung zeigen, auch in ihrem innern Bau einer oder der andern Art dieser Blüthentheile ähnlich; sie besitzen ihre Oberhaut und unter dieser ein mit zarten Gefäßen durchzogenes Parenchym als Mittelschichte, welche freilich bei den dünnhäutigen Formen sehr unbedeutend ist. Aber selbst in die zur Drüsenform verkümmerten Blüthentheile, welche die hypogynischen Scheiben (S. 351) und einen großen Theil der Nectarien (S. 372) bilden, gehen Gefäße ein, die sich durch das dichte, kleinzellige Parenchym, wie in den Gefäßdrüsen der gewöhnlichen Blätter, häufig in mehrfach gebogenem und verschlungenem Laufe hinziehen.

Obgleich in dem Pistille, und namentlich im Eierstock, die äußere Bildung wieder mehr der ursprünglichen Blattform sich nähert, als in den Staubgefäßen, so ist doch der innere Bau der Fruchtblätter darin verschieden, daß die von einer häufig mit Spaltöffnungen versehenen Oberhaut überkleidete, im Verhältniß meist sehr dicke Mittelschichte derselben aus einem gleichförmigen, tessularisch-polyëdrischen, dünnwändigen Zellgewebe besteht, in welchem nicht mehr die verschiedenen Lagen, wie in den Blättern, und in der ersten Jugend (wenigstens in vielen Fällen) auch sogar keine Gefäße erkannt werden. Im Eierstock sind auch noch nicht die verschiedenen Schichten zu erkennen, welche später in manchen Früchten, z. B. in der Steinfrucht, so scharf gesondert hervortreten, und selten sieht man die innern Zellenlagen, welche zur Steinschale werden sollen, mit dickern, fein punktirten Wänden versehen, wie bei der Ufer-Steckenpalme (Bactris riparia). Wo die Fruchtblätter eine grüne Farbe haben, findet man jedoch die zunächst unter der Oberhaut der Rückenfläche befindliche Zellenlage mit Chlorophyllkörnern erfüllt, und in dem weiter entwickelten Pistille trifft man auch eine größere oder geringere Anzahl zarter Gefäßbündel an; in den Fällen endlich, wo, wie bei vielen Palmen, der Eierstock zu einer faserigen Steinfrucht auswächst, ist auch schon das Parenchym der Fruchtblätter während der Blü-

thezeit mit einer großen Menge von Baſt- und Gefäßbündeln durchzogen. In dem untern Theile der Fruchtblätter, ſo weit ſie dem Eierſtock angehören, laufen die Gefäßbündel nicht immer unzertheilt und in paralleler Richtung, ſondern gehen häufig, wie in den übrigen mehr verbreiterten Blattbildungen, in mehr oder weniger zahlreiche Aeſte aus, die ſich häufig wieder netzartig untereinander verbinden. Auch ſtimmen die Fruchtblätter darin mit den Kelchblättern überein, daß ſie in denjenigen Eyerſtöcken, wo ſie ſeitlich untereinander verwachſen ſind, in den ſogenannten Wandnähten, mit Längsnerven verſehen ſind (ſ. §. 74.), welche dem Mittelnerven derſelben parallel gehen. Wenn ein Griffel vorhanden iſt, der, wie wir wiſſen, immer nur die verlängerte Spitze des Fruchtblattes darſtellt, ſo geht in denſelben nur das Gefaßbündel des Mittel- oder Randnerven ein, und da jeder einem einzelnen Fruchtblatte zugehörige Griffel nur ein Bündel zeigt, ſo kann man daher, auf einem Querſchnitte des Griffes, bei mehrblättrigen Piſtillen auch aus der Zahl der vorhandenen Gefäßbündel in der Regel auf die Zahl der im Piſtill verwachſenen Fruchtblätter ſchließen. Im Uebrigen finden wir auch im Griffel um das Gefäßbündel eine mehr oder weniger beträchtliche, mit der Oberhaut überkleidete Parenchymlage, deren Zellen in dünnen und langen Griffeln in der Richtung der Achſe in die Länge gezogen ſind. Spaltöffnungen finden ſich auf dem Griffel ſelten und wohl nur auf den verdickten Formen deſſelben. Die Narbe (§. 75.), ſo verſchieden auch dieſelbe gebildet ſeyn mag, iſt mit Papillen beſetzt, welche oft nur wenig erhaben, oft aber auch zu haarähnlichen Bildungen verlängert ſind und den ſchmierigen Saft abſondern, der als Narbenfeuchtigkeit gewöhnlich ausſchwitzt und das Anhängen der ausgefallenen Pollenkörner begünſtigt. Dieſe Papillen ſind, wie in der Blume, nur die veränderten Zellen der Oberhaut. Die Gefäßbündel, welche von dem Griffel oder unmittelbar von dem Eierſtock in die Narbe aufſteigen, gehen nie bis zu der mit Papillen beſetzten Oberfläche, ſondern verlieren ſich in der Nähe derſelben, wie man überhaupt in keinem Falle einen direkten Zuſammenhang der Gefäßbündel mit der Oberhaut der Pflanze wahrnehmen kann. Auch in dem Parenchym mancher Eierſtöcke, namentlich bei Palmen, werden noch zahlreiche, Kryſtalle enthaltende Zellen gefunden,

Was den innern Bau des Eichens betrifft, so ist dieser bei der frühern Beschreibung desselben (§. 76.) größtentheils schon erklärt worden. Das im Anfang völlig gleichförmige, aus kleinen, tessularischen Zellen gebildete Parenchym geht auch bei der Entstehung der verschiedenen Häute und des Eikerns in diese Theile ein (Fig. 348.). Von den Gefäßbündeln des Nabelstrangs oder überhaupt des Eiträgers treten dann einige in die Decke des Kerns über und laufen, so weit die beiden Häute des Eichens verwachsen sind, bald unzertheilt, bald mehr oder weniger verzweigt bis zur Basis des Eikerns, wo sie sich verlieren. Die Veränderung der verschiedenen Zellenschichten tritt erst mit der weitern Ausbildung des Eichens zum Samen ein.

In den Fällen, wo mehrere oder alle Cyklen der Blüthe (Kelch, Blume, Staubgefäße und Pistill) mit ihren untern Hälften unter sich verwachsen sind, wie in der Kirschen- und Pflaumenblüthe oder in der Apfel- und Kürbisblüthe, da sind alle Theile dieser Cyklen so innig verschmolzen, daß man im innern Bau die Grenzen der Verwachsung nicht mehr erkennen kann. Die Mittelschichte ist zwar dicker als in der obern freien Hälfte der einzelnen Blüthentheile, auch die Gefäßbündel sind in der Regel stärker, aber es läßt sich doch meist nur ein einziger Kreis derselben erkennen und das Ganze ist auf der äußern und innern Fläche nur mit einer einfachen Oberhaut versehen, so daß nicht blos das Zellgewebe, sondern auch die Gefäßbündel aller Cyklen bei einer solchen Verwachsung zusammenfließen, die Oberhaut der in die Mittelschichte des verwachsenen Blüthengrundes fallenden Cyklen aber gleichsam in Parenchymzellen sich auflöst und nur die Oberhaut der Rückenfläche des äußern und der vordern Fläche des innern Cyklus übrig bleibt. Wenn aber die in die Verwachsung eingegangenen Theile nach oben frei werden, so theilen sich die Gefäßbündel und schicken Zweige in jeden Theil der verschiedenen Blüthenkreise; ebenso geht eine Lage des Parenchyms in jeden derselben über und jeder erhält auf beiden Flächen seine eigene Oberhaut. Es ist also hier ein ganz ähnliches Verhältniß gegeben, wie dort, wo die Gefäßbündel mit dem dazu gehörigen Zellensystem aus ihrer Verbindung im Stamm oder Ast sich trennen und in die Blätter übergehen, so daß auch

dort eigentlich nur ein Freiwerden von früher unter sich verschmolzenen Theilen stattfindet.

6. Von dem innern Bau der Frucht und des Samens.

§. 111.

So sehr auch die verschiedenen Fruchtformen auf den ersten Blick, sowohl in ihrer äußern Bildung, als auch in ihrem innern Bau, von einander abzuweichen scheinen, so finden wir in denselben doch kaum einen Theil, der nicht schon in dem Eierstock vorgebildet gewesen wäre; die Verschiedenheit der Fruchthülle entspringt blos aus den Veränderungen, welche das Zellgewebe des Eierstocks bis zur Fruchtreife erleidet, und zwischen der noch mehr oder weniger blattartigen, trocknen Fruchthülle der hülsen- und kapselartigen Früchte, der weichen und saftigen der Beeren- und Aepfelfrüchte und der harten, holzigen der Nüsse und Steinfrüchte liegen die deutlichsten Uebergänge vor Augen, wie wir sie zum Theil schon bei der morphologischen Betrachtung der Fruchtformen (§. 84.) erkannt haben. Wir wollen jezt die wichtigsten Abänderungen der Fruchthülle auch in anatomischer Hinsicht und in steter Vergleichung mit dem Bau des Eierstocks in Kürze verfolgen.

In der dünnen und bei der Reife trocknen Fruchthülle der meisten hülsen- und kapselartigen Früchte (S. 386 bis 392) finden wir im Allgemeinen die Mittelschichte des Fruchtblattes oder die mittlere Fruchthaut noch aus dünnwändigen Zellen gebildet, die nur an Größe und Menge zugenommen haben; auch ist nicht immer die tessularisch-polyëdrische Gestalt derselben geblieben, wie in der Hülse der Erbse und in den Schotenfrüchten der Mondviole (Lunaria biennis), sondern häufiger sieht man die Zellen in die Quere gestreckt, wie in der Hülse der Bohne und in der Kapsel der Tulpe, so wie sich überhaupt die Gestalt und Lage der Zellen nach dem vorherrschenden Zuge der Gefäßbündel zu richten scheint, unter welchen aber die von den Hauptnerven der Fruchtnähte abgehenden gar häufig in wagrechter oder schiefer Richtung verlaufen; dabei sind die zunächst unter der Oberhaut liegenden Zellen immer kleiner und entweder zur tessularischen Form übergehend, wie in der Bohne, oder noch mehr in die Quere gestreckt, wie bei der Tulpe. In der Hülse

der Erbse sind die unter der Oberhaut der äusseren Fläche liegenden Zellen des Parenchyms ebenfalls tessularisch; aber auf der innern Seite der Klappen kommt unter der Oberhaut eine derbe Lage vor, welche aus sehr engen, gestreckten, schiefliegenden Zellen besteht und große Aehnlichkeit mit einer Bastschichte hat, und in der Kapsel des Damaszener Schwarzkümmels (Nigella damascena) ist das Parenchym der ganzen Mittelschichte aus enggestreckten, wagrecht liegenden Zellen gebildet, welche man besonders deutlich in den Scheidenwänden der äussern leeren Fächer wahrnehmen kann, da diese ohne Oberhaut sind und nur aus den Zellen und querlaufenden Gefäßbündeln der mittlern Fruchthaut bestehen. In allen genannten, so wie in den meisten übrigen Früchten, verschwindet das im Eierstock und in der unreifen Fruchthülle vorhandene Chlorophyll mit der Reife und sie nimmt dann eine andere Farbe an, welche theils auf der Färbung der äussern Parenchymschichte, theils aber auch der Oberhaut selbst beruht. Diese ist bei den hülsen- und kapselartigen Früchten auf der äussern Fläche, wo wir sie als äussere Fruchthaut unterschieden haben, durchgehends mit Spaltöffnungen versehen und besteht, wie die Oberhaut der untern Blattfläche, aus sehr verschieden gestalteten Zellen, die jedoch wenig oder gar nicht in die Länge gezogen, sonst aber bald mit geradlinigen (bei Erbse, Bohne, Tulpe, Schwarzkümmel), bald mit geschlängelten Wänden (bei Mondviole) vorkommen; auch mit punktirten Wänden kommen sie vor, wie bei dem Schwarzkümmel. Die Oberhaut der innern Fläche oder die innere Fruchthaut ist dagegen niemals mit Spaltöffnungen versehen [1]), und ihre Zellen sind bald denen der äußern Fruchthaut ähnlich (Bohne, Schwarzkümmel), bald sehr stark in die Quere gestreckt (Tulpe, Mondviole). Bei der Tulpe

---

[1]) Die Angabe von Link (Grundlehren d. Anat. u. Physiol. der Pflanzen. S. 232), daß auf den Klappen der Erbsenhülse ein lockeres Häutchen, mit Haaren und Spaltöffnungen besetzt, die innere Seite überziehe, wird durch meine Beobachtung nicht bestätigt. Diese Angabe beruht wohl darauf, daß dieser Schriftsteller die an der innern Fruchthaut dieser Hülse beim Ablösen leicht hängen bleibenden, gestreckten Zellen der unmittelbar darunter liegenden derben Schichte für Haare und zufällig dunkler erscheinende Stellen der Oberhaut für Spaltöffnungen gehalten hat.

und Kaiserkrone gehen die gestreckten Zellen der innern Fruchthaut gegen den Rand der Klappen in unregelmäßige Formen mit geschlängelten Wänden über, von welchen die äußersten sich in lange pfriemliche Haare verlängern; daher erscheinen hier die Klappenränder auf der nach Innen gekehrten Seite lang gewimpert. Merkwürdig ist der Bau der Scheidewand in den Schötchen der Mondviole, wo die gestreckten Zellen der Oberhaut, welche auf der innern Seite der Klappen wagrecht liegen, in sehr verschiedenen Richtungen partieweise verlaufen, und, da die Scheidewand aus einer doppelten Lage der in die Fruchthöhle hineinragenden Oberhaut gebildet wird, eine häufige Durchkreuzung der Zellenwände entsteht, wodurch das Ganze einem vielfach verschlungenen Spitzengewebe ähnlich wird.

In den bisher genannten Früchten ist jedoch größtentheils noch eine gewisse Analogie mit dem Bau der Blätter nicht zu verkennen. In den Fruchthüllen anderer Kapselformen kommen aber auch schon mehr abweichende Verhältnisse in der Schichtung der mittleren Frachthaut vor. So finden wir z. B. in den Klappen der dreiknöpfigen Kapsel des Wunderbaums (Ricinus) nur noch unter der Aussenhaut eine Schichte Anfangs grünen, später bräunlichen, dünnwändigen Zellgewebes, unter dieser aber, scharf geschieden, eine dünne Lage von schiefstehenden wenig gestreckten Zellen, in welcher, so wie in der grünen Schichte, die Gefäßbündel verlaufen, dann eine dickere Schichte sehr verlängerter, senkrecht gegen die Oberfläche der Klappen gestellter und endlich wieder eine dünnere Lage schräg (aber in entgegengesezter Richtung mit den erstern) liegender Zellen. Diese gestreckten Zellenlagen nehmen mit der Reife, durch die Verdickung und Erhärtung der Zellenwände, eine bedeutende Festigkeit und eine holzige Beschaffenheit an, und es löst sich sogar beim Aufspringen der Fruchthülle die äussere, lockere Zellenlage theilweise los, so daß die holzigen Lagen gleichsam innere Klappenstücke darstellen; diese fallen bei manchen andern Kapselfrüchten, z. B. bei dem Diptam, sogar heraus und es bleibt dann nur die äussere Schichte der Fruchthülle, mit ihrer Oberhaut bekleidet, zurück. Einen ähnlichen Bau zeigt auch die durchaus lederige Fruchthülle der Eichel, nur daß hier schon die äusserste Schichte der Mittelhaut die gestreckten, senkrecht gegen die Ober-

fläche ſtehenden Zellen enthält und die Oberhaut aus erhärteten, dickwändigen Zellen beſteht, während in der lederigen Fruchthülle der eßbaren Kaſtanie, die unter der ſehr dünnen und feſt angewachſenen Oberhaut liegende, derbere Schichte aus dickwändigen, teſſulariſchen, punktirten Zellen gebildet iſt und ſomit ſchon ganz den Bau der nußartigen Fruchthülle zeigt.

In der dicken, fleiſchigen und ſaftigen Fruchthülle der Beeren (S. 392) und Apfelfrüchte (S. 393) ſind die dünnwändigen, größern oder kleinern Zellen der mittlern Fruchthaut meiſt mit reichlichem, oft gefärbtem Saft erfüllt, welcher den Früchten ihren verſchiedenen Geſchmack und häufig auch ihre Farbe ertheilt. Entweder iſt das ganze Parenchym gefärbt, wie bei der Heidelbeere, oder der gefärbte Saft iſt nur in den Zellen der Auſſenhaut und zunächſt unter derſelben enthalten und das innere Parenchym iſt farblos, wie in den ſchwarzen und rothen Traubenbeeren, in den meiſten Apfel- und Birnſorten, in der Citrone und Pomeranze. Zuweilen liegen auch beſondere Zellenmaſſen zwiſchen dem übrigen Zellgewebe, welche mit einem eigenen, z. B. zuckerhaltigen Safte, wie im Fleiſche der Dattel, oder mit ätheriſchem Oele, wie in der Citrone und Pomeranze, erfüllt ſind. Von den dünnwändigen, ſaftreichen Zellen giebt es aber ſchon in manchen Beeren und Apfelfrüchten allerlei Uebergänge zu dem dickwändigen, trockenen Zellgewebe. So findet man häufig einzelne oder partieweis zuſammengehäufte Zellen, mit verdickten und punktirten Wänden, in dem weichen Parenchym zerſtreut, namentlich bei der wilden Birne, dem Holzapfel und der Quitte; in den Kürbisfrüchten mit harter Schale, wie beim Flaſchenkürbis, liegen dieſe dickwändigen, punktirten Zellen unter der ebenfalls aus ſolchen Zellen beſtehenden Oberhaut und bilden eine faſt holzige Schichte im Umfang des weichen und ſaftreichen Fleiſches der innern Parenchymlage; ebenſo verhält es ſich bei den Beeren der Sagopalme (Sagus), wo die dachziegelig ſich deckenden Schuppen, welche nur die unmittelbaren Fortſätze der Fruchthülle bilden, ihre feſte, faſt holzige Beſchaffenheit durch die dickwändigen Zellen der äußeren Parenchymſchichte erhalten; in den Früchten der riſpentragenden Erdpalme (Geonoma paniculigera) liegen endlich die dickwändigen Zellen in der Mitte

des Parenchyms und bilden eine dünne, weiße, zerbrechliche Schichte, auf beiden Seiten von einem weichen Parenchym umkleidet. Die innere Schichte der mittleren Fruchthaut ist entweder ebenfalls weich und aus dünnwändigen Zellen gebildet, wie in den meisten Beerenfrüchten, oder sie besteht aus dickwändigen Zellen und besitzt dann eine mehr oder weniger feste und trockene Konsistenz. Merkwürdig ist der Bau der knorpeligen Innenhaut, welche die samentragenden Fächer des Apfels bildet und eigentlich die Fruchtblätter oder doch die Hauptmasse derselben darstellt; sie besteht nämlich aus verlängerten, nach allen Richtungen gebogenen und gewundenen Zellen, zwischen welchen reihenweis andere, kleine, dickwändige, tessularische Zellen liegen, wodurch ein zarter, parallel mit der innern Fläche der Knorpelhaut geführter Durchschnitt dem parallel mit der Rinde durchschnittenen Baste dikotyledonischer Bäume ähnelt, indem die Reihen der kleinern Zellen wie senkrecht geschnittene Markstrahlen aussehen; die verlängerten, geschlängelten Zellen könnte man aber für Rosenkranzgefäße halten, zumal wenn die Oberhaut der innern Fläche mit abgelöst worden, deren sehr schmalen, quergestreckten Zellen, indem sie durch die verworrene Masse der erstern durchscheinen, diesen das Ansehen geben, als seyen ihre Wände aus Spiralfasern gebildet. Die Zellen der innern Parenchymschichte können aber auch, wie die der äußern Schichte, dicke und harte Wände erhalten; dadurch entsteht, wenn die erhärteten Schichten getrennte Fächer bilden, die steinfächerige Beere der Stechpalme (Ilex Aquifolium) und fächerblättrigen Weinpalme (Borassus flabelliformis), so wie der Steinapfel der Mispel und des Weißdorns; wenn aber die Frucht nur aus einem Fruchtblatte besteht, oder wenn die erhärteten innern Schichten einer mehrblättrigen Frucht in eine Steinschale verwachsen, so entsteht die Steinfrucht (S. 393).

Die Steinschale besteht also aus lauter dickwändigen punktirten Zellen, deren Wände oft sehr hart werden, und die Härte der Seinschale hängt nur von der Härte der verdickten Zellenwände ab, keineswegs von einem andern in ihrer Höhlung abgelagerten Stoffe, wie man gewöhnlich angenommen hat. Da aber die Verdickung der Wände erst mit der Reife der Frucht eintritt, so erklärt es sich, warum im Eierstock noch keine An-

deutung der Steinschale erkannt wird. Auch in die Steinschale gehen meistens Gefäßbündel ein, welche bald zahlreicher, bald spärlicher vorhanden sind und, wie in den übrigen Früchten, sehr feine Spiral- und Treppengefäße enthalten. Der übrige, weiche Theil der Mittelschichte der Steinfrucht, welcher einen der Beerenfrucht ähnlichen Bau besitzt, enthält auch gewöhnlich, wie die letztere, zahlreiche Gefäß- und Bastbündel; in dem Fleische der Kokosnuß sind die größtentheils aus Bastzellen bestehenden Bündel in solcher Menge vorhanden, daß dasselbe davon ganz faserig erscheint. Außerdem enthält das Fleisch der Steinfrucht auch zuweilen Saftgänge, welche z. B. in der Leiffe der Mandel in großer Anzahl vorkommen, wo sie Gummi enthalten; seltner finden sich fette Oele, wie in dem Fruchtfleisch der Oelpalme und Olive. Auch Krystalle kommen in dem weichen Parenchym der Früchte vor, wie bei vielen Palmen. Wenn endlich die äußere, weiche Schichte ganz fehlt und alle Zellen des Parenchyms dickwändig werden und erhärten, so daß die ganze Fruchthülle zur Steinschale wird, so entsteht die Nuß, deren Typus am deutlichsten in der Haselnuß ausgesprochen ist. In der Nußschale kommen, so wie in der Steinschale, sehr verschiedene Grade der Dicke und Härte vor, welche blos auf der Menge der dieselbe bildenden Zellen und auf der Beschaffenheit deren Wände beruht. Die mancherlei Uebergänge, welche von den hülsen- und kapselartigen zu den Beeren- und Steinfrüchten und zu den Nüssen stattfinden, und die schon früher (§. 84.) erwähnt sind, haben eben so ihren Grund in der Beschaffenheit, welche das ursprünglich aus lauter dünnwändigen Zellen gebildete Parenchym des Eierstocks bis zur Fruchtreife annimmt, wo dasselbe bald mehr safthaltig, bald mehr trocken und fest erscheint, und sich bald mehr der Konsistenz der Beere, bald derjenigen der Nuß oder Steinfrucht nähert.

Auch in den kapselartigen Früchten ist häufig vor der Reife das Parenchym weich und saftig und wird erst bei der Reife trocken, markig u. s. w.; dann ist es dem Fleische der Beeren oder Aepfelfrüchte ähnlich, und enthält nicht selten auch Saftgänge, wie in den unreifen Kapseln des Gartenmohns. In der schon zwischen der Kapsel- und Beerenbildung schwankenden Fruchthülle der Seerosen, wo nur die äußersten Zellenlagen

des Parenchyms, sammt der Oberhaut, dickwändig und trocken sind, finden sich in der innern Schichte, vorzüglich an den Stellen, wo die Scheidewände von derselben abgehen, auch zahlreiche Luftgänge, wie wir sie in den Blättern und Blattnerven dieser Pflanzen gesehen haben, nur daß hier die sternförmigen Zellen an den Wänden vermißt werden.

Der Fruchtbrei, welcher in der Fruchthöhle vieler Pflanzen vorkommt (§. 381.), bildet selten eine texturlose Masse, wo er sich nur als einen von den innern Wänden der Frucht oder von den Samen ausgeschiedenen Stoff darstellt, wie in den Fruchtfächern der Seerosen, sondern er besteht in den meisten Fällen aus einer lockern, saftreichen Zellenmasse, wie beim Kürbis und der Gurke; in der Hülse der dreidornigen Gleditschie sind es lauter schmale, verlängerte Zellen, welche nur sehr lose untereinander zusammenhängen und gleichsam ein fadiges Gewebe bilden. Werden die in den Zellen enthaltenen Säfte bei der Fruchtreife mehr dicklich, wobei zuweilen die Zellenwände zum Theil verschwinden, so entsteht die musartige Konsistenz, wie bei der Röhrenkassie und Gleditschie; trocknen dieselben noch weiter aus, so bilden sie den markigen oder mehligen Fruchtbrei, wie in den Früchten des Hornmohns (Glaucium), des Affenbrodbaums (Adansonia) und des Heuschreckenbaums (Hymenaea). Der eigenthümlichen Bildung des Fruchtbreis in der Citrone und Pomeranze, wo derselbe aus haarähnlichen, mit einem sauren Safte erfüllten zelligen Schläuchen besteht, ist schon (a. a. O.) Erwähnung geschehen.

Wo endlich die den Eierstock umgebenden, ursprünglich freien Blüthentheile mit in die Bildung der Frucht, als sogenannte Fruchtdecken (§. 81.) eingehen, da erleiden die Zellen des Parenchyms die nämlichen Veränderungen, wie in den eigentlichen Fruchthüllen. Wir finden daher die Fruchtdecken in ihrem innern Bau bald der Kapsel ähnlich, wie bei der eßbaren Kastanie und den Scabiosen, bald mit der Beere, wie bei den Beerblumen, dem Erdbeerspinat und der Maulbeere, bald mit der Stein- und Nußschale übereinstimmend, wie bei der Wassernuß, der Wunderblume und dem Thränengras.

In allen Fruchthüllen der phanerogamischen Pflanzen sind die

Gefäßbündel durch die Mittelschichte des Parenchyms verbreitet und dabei, wie in allen breitern blattartigen Theilen, auf verschiedene Weise vertheilt und meistens vielfach verzweigt; in den Rücken- und Randnerven der Fruchtblätter, wo dieselben vorhanden, sind die Hauptbündel enthalten, und so wie von diesen die Verzweigungen in der Mittelschichte sich ausbreiten, gehen auch noch besondere Zweige ab, welche entweder unmittelbar in die Samenhülle eindringen, oder mit einer bald dünnern, bald dickern Zellenlage umgeben und mit Oberhaut überkleidet den Nabelstrang bilden, den wir schon (S. 363 u. 395) kennen lernten.

In die Fruchthüllen der kryptogamischen Gefäßpflanzen sieht man dagegen nie die Gefäßbündel eingehen, sondern sie haben einen rein zelligen Bau, wie bereits (§. 91.) erwähnt ist, und wenn auch aus dem Stengel oder Blatt ein Gefäßbündelzweig sich zu der Frucht überbiegt, so geht derselbe höchstens bis zu ihrem Grund und endigt dann plötzlich, ohne sich weiter in ihr zu verzweigen. Nur in der Fruchthülle der Ophioglosseen lassen sich noch deutlich mehrere Zellenschichten nachweisen, deren äußerste mit der Oberhaut, die übrigen mit der Mittelschichte des Blattes zu vergleichen sind. Es scheint aber eine die Fruchthöhle auskleidende Oberhaut zu fehlen und somit die Fruchtbildung dieser Pflanzen eher mit der Antherenbildung der Phanerogamen übereinzustimmen, in deren Fächern ebenfalls eine auskleidende Oberhaut fehlt, während in die Klappen keine Gefäße eintreten. Auf die Aehnlichkeit des Fruchtbaues der Schafthalme (wo unter einer äußerst zarten Oberhaut zahlreiche Faserzellen liegen) mit den Antheren der Zapfenbäume, ist schon früher (S. 429) aufmerksam gemacht worden. Auch in der Frucht der Bärlappe (S. 421) ist nur eine doppelte Zellenlage zu erkennen, deren äußere der Oberhaut vergleichbar ist. Selbst die dreifächerige Fruchthülle der zu derselben Familie gehörigen Gattung Psilotum, welche in ihrer äußern Bildung die größeste Aehnlichkeit mit einer fächerigen Kapselfrucht zeigt, läßt auf einem Querschnitte nur zwei deutlich unterscheidbare Schichten erkennen, wovon die äußere, aus großen, dickwändigen Zellen gebildete, der Oberhaut entspricht. Die Fruchthüllen der Farne und Rhizokarpen, welche schon früher (S. 423 u. 425) näher beschrieben wurden, bestehen endlich nur aus einer einzigen Zellenlage und bilden meist nur eine zarte,

durchscheinende Membran, während die geschlossenen Fruchtdecken der leztern oder die Fruchtbehälter (S. 424) zum Theil einen den Fruchthüllen mancher Phanerogamen weit mehr verwandten innern Bau besitzen.

§. 112.

Wie die Zellenlage, welche das Gefäßbündel des Nabelstrangs umkleidet, vor dem Eintreten des leztern in den Samen sich auf verschiedene Weise ausbreitet und eigenthümlich gestaltete Anhängsel und Samendecken bildet, welche den Samen zuweilen völlig umschließen, haben wir bereits (§. 86.) erfahren. Daraus geht aber schon hervor, daß der innere Bau dieser außerwesentlichen Bedeckungen des Samens in der Regel rein zellig seyn müsse. Das Zellgewebe dieser Theile ist meist aus dünnwändigen tessularischen Zellen gebildet, ursprünglich mit Saft erfüllt, welcher von sehr verschiedener Beschaffenheit, zuweilen stark gefärbt ist, bei der Samenreife häufig vertrocknet, oft aber auch bleibt oder sich sogar bei der Reife vermehrt, wie in den weichen, saftigen Samendecken der fleischrothen Passionsblume (Passiflora incarnata) und der Spillbäume (Evonymus). In der fleischigen Samendecke der Muskatnuß (in der Muskatblüthe des Handels) besteht aber das auf beiden Seiten mit einer zarten, farblosen Oberhaut überkleidete Parenchym aus kleinen, dickwändigen, punktirten Zellen, zwischen welchen eine zahllose Menge von kugeligen, mit einem gelben, ätherischen Oele angefüllten Saftbehältern liegen, und es gehen auch von der Stelle aus, wo der Same der Fruchthülle angeheftet war, zarte Gefäßbündelzweige in die Samendecke ein und durchziehen die Mitte des Parenchyms. Hier enthalten die Zellen selbst keinen färbenden Stoff, wie dieses z. B. in der Samendecke der Spillbäume der Fall ist, sondern die gelbe Farbe der Muskatblüthe wird blos durch das Oel der zahlreichen Saftbehälter hervorgebracht.

Die drei verschiedenen Schichten, welche in der reinen und vollständigen Samenhülle vorkommen, nämlich die Oberhaut, die Samenschale und die Kernhaut, sind schon (§. 87.) im Allgemeinen beschrieben worden, und es bleibt nur noch Weniges in Bezug auf ihren innern Bau zu erinnern übrig. Die Ober-

haut des Samens besitzt keine wahren Spaltöffnungen, sondern höchstens unvollständige Andeutungen derselben, wie beim Wunderbaum, wo man zwar zwischen den eckigen, punktirten Oberhautzellen rundliche Stellen gewahrt, welche aber keine Spalte zwischen sich haben. Die Zellen der Oberhaut kommen verschieden gestaltet vor, sind meist dünnwändig und plattgedrückt, wie bei den Kürbis- und Traubenkernen [1]), zuweilen aber auch von bedeutender Tiefe, beim Apfelkern [2]), und selbst senkrecht gegen die Oberfläche gerichtet und gestreckt, bei dem Quittenkern [3]); auch mit verdickten Wänden kommen sie vor, auf den Samen der Winden [4]), wo sie gewöhnlich sehr fest der Samenschale aufgewachsen, besonders in den Fällen, wo sie sehr schmal und senkrecht auf die letztere gestellt sind, wie bei den Samen des Blumenrohrs [5]) und der Kicher [6]). Bei wenigen freien (nicht mit der Fruchthülle verwachsenen) Samen scheint die Oberhaut ganz zu fehlen, wie bei der Brechnuß [7]), wenn man hier nicht die dicke, aus schmalen, senkrecht auf dem Samenkern stehenden Zellen gebildete, äußere Lage, welche die dichtgestellten Seidenhaare trägt, für die Oberhaut nehmen will, da aus dieser bei andern behaarten Samen jedesmal die Haare entspringen. In allen Fällen, wo das ursprünglich stets freie Eichen während seiner Ausbildung zum Samen mit der Fruchthülle innig zusammenwächst, was nicht allein in den mit den Blüthendecken verwachsenen (sogenannten untern) Eierstöcken sehr häufig geschieht, wie bei Korbblüthigen und Doldenpflanzen, sondern auch nicht selten in den freien Eierstöcken, z. B. der Gräser und vieler Palmen, eintritt, ist weder die innere Oberhaut der Fruchthülle, noch die Samenoberhaut mehr zu erkennen, da hier, wie bei allen Verwachsungen blattartiger Organe, die Grenzen der verwachsenen Theile verschwinden. Wenn dann auch bei der Reife in der trockenen Frucht der Same frei zu liegen scheint, so ist doch seine Oberfläche gewöhnlich rauh und die ganze Beschaffenheit derselben beweist, daß diese Tren-

---

[1]) Bischoff, Handb. d. Terminol. u. Syst. Tab. 15. Fig. 1875, B. Fig. 1878, a. — [2]) Das. Tab. 12. Fig. 1858, a. — [3]) Das. Fig. 1859, a. — [4]) Das. Tab. 43. Fig. 1874, a. — [5]) Das. Fig. 1877, a. — [6]) Das. Fig. 1870, a. — [7]) Das. Tab. 42. Fig. 1865, a.

nung gewaltsam durch die stärkere Zusammenziehung des Samens hervorgebracht sey, und allen diesen Samen fehlt die Oberhaut.

Die Samenschale ist, wie (S. 400) erwähnt, selten aus einer einfachen, gleichförmigen Lage gebildet, sondern besteht meist aus zwei erkennbaren Schichten, welche bald aus gleichgestalteten, z. B. beide aus tessularischen, wie bei der Pimpernuß [1]), oder aus quergestreckten Zellen, wie bei Schmetterlingsblüthigen [2]), bestehen, bald eine verschiedene Zellenbildung zeigen, wie im Samen des Wunderbaums, wo die äußere Schichte der Samenschale aus quergestreckten, die innere aus senkrecht oder schief stehenden Zellen besteht [3]), ferner in dem Traubenkern [4]), wo die äußere, von der Oberhaut bedeckte Lage aus dünnwändigen, tessularischen, die innere aber aus quergestreckten und senkrecht gegen die Oberfläche gestellten dickwändigen Zellen besteht; auch im Apfelkern [5]), in den Kürbiskernen [6]) u. v. a. kommen solche durch einen verschiedenen Zellenbau ausgezeichnete Schichten in der Samenschale vor. In der Samenschale der Palmen sind auch zwei, besonders durch ihre Färbung unterschiedene Lagen zu erkennen, wovon die innere aus meist kleinern, mit einem rothen Stoffe erfüllten Zellen besteht; doch läßt sich keine bestimmte Grenze zwischen diesen Schichten erkennen, indem die rothe Färbung auch allmählig in die größern Zellen der äußern Schichte sich verliert. Es giebt aber auch noch viele andere Samen, in deren Samenschale die beiden ursprünglich getrennten Eihäute so innig verschmolzen sind, daß die Scheidelinie zwischen denselben mehr oder weniger verwischt ist. Die Zellen der Samenschale sind bald alle dünnwändig, wie bei den meisten Palmen, bald dickwändig, wie bei den Schmetterlingsblüthigen und dem Wunderbaum, bald kommen dünnwändige Zellen in der äußern, und dickwändige in der innern Schichte vor, wie im Traubenkern, oder es findet das umgekehrte Verhältniß statt, wie im Apfelkern. Die Härte der Samenschale rührt überhaupt, wie in der Steinschale, nur von der Dicke und Härte der alsdann meist punk-

---

[1]) Bischoff a. a. O. T. 43. Fig. 1871, b c. — [2]) Das. Fig. 1868 A, b c. Fig. 1869, b c. Fig. 1870, b c. — [3]) Das. Fig. 1875, b c. — [4]) Das. Fig. 1878, b c. — [5]) Das. T. 42. Fig. 1858, b c. — [6]) Das. T. 43. Fig. 1872, b c. Fig. 1873 A, b c.

tirten Zellenwände her, wie man dieses unter andern in der beinharten Samenschale der Pimpernuß sehen kann. In die Samenschale gehen immer die Gefäßbündel aus dem Samenträger und Nabelstrang ein, aber ihre Richtung und Vertheilung ist bei den verschiedenen Samen verschieden nach der Form und Lage des Nabels, so wie nach der Lage des Keims gegen den letztern. Oft geht das Gefäßbündel des Nabels unzertheilt in dem Nabelstreifen bis zum Nabelfleck und die übrige Samenschale enthält keine Gefäße, wie im Samen des Wunderbaums [1]), im Trauben-, Apfel- und Quittenkern [2]), oft verzweigt sich dieses Bündel aber auch sogleich bei seinem Eintritt in die Samenschale und bildet ein dieselbe nach allen Seiten durchziehendes Netz, wie im Aprikosen- [3]) und Pflaumenkern [4]), im Samen der Wallnuß [5]) und vieler Palmen. In den Samen der letztern mit vielfach gespaltenem (sogenannten zernagtem) Eiweiß, dringen breite Fortsätze der Samenschale in die Spalten des Eiweißes ein [6]), welche eben so roth gefärbt sind wie die Samenschale selbst; hier liegen die Zweige des Gefäßnetzes immer vor diesen Spalten, und meist geht kein Gefäßbündel-Ast in die Fortsätze der Samenschale selbst ein. Im Dattelkern dagegen werden nur in der tiefen Längsfurche auf dem Bauche des Samens [7]) Gefäßbündel angetroffen, und sie fehlen auf der gewölbten Rückenfläche gänzlich. Wo die Samenhülle mit der Fruchthülle verwachsen ist, fließen auch, gerade wie bei den Verwachsungen der Blüthentheile, die Gefäßbündel beider Hüllen zusammen, und dann ist das vorhandene Gefäßnetz beiden Theilen gemeinschaftlich, und wenn auch bei der spätern, gewaltsamen Trennung des Samens von der Fruchthülle zuweilen die Gefäßbündel am Samen hängen bleiben, so sind sie darum nicht als diesem allein angehörig zu betrachten. Wie wir schon in der Fruchthülle meist nur dünne Spiral- und Treppengefäße antreffen, so ist dieses in der Samenhülle noch mehr der Fall, wo sogar die Bündel fast nur aus äußerst feinen Gefäßen, ohne begleitende langgestreckte Zellen, bestehen.

---

[1]) Bischoff a. a. O. T. 41. Fig. 1747 B, b c d. — [2]) Das. Fig. 1746 b, α. T. 42. Fig. 1823 a b, β. — [3]) Das. T. 41. Fig. 1745. T. 42. Fig. 1860, e. — [4]) Das. T. 40. Fig. 1865, c. — [5]) Das. T. 42. Fig. 1863, d d d d. — [6]) Das. T. 43. Fig. 1895 B. — [7]) Das. Fig. 1894.

Die Kernhaut des Samens (S. 401), welche nur bei eiweißlosen Samen aus einer doppelten Zellenschichte besteht und bei eiweißhaltigen einfach ist oder ganz fehlt, ist immer, wie das Eiweiß und der Keimsack, aus welchen sie entstand, ohne Gefäße. Wenn die Kernhaut eine bedeutende Dicke hat, wie im Apfel- und Quittenkern, in den Samen der Schmetterlingsblüthigen nnd im Kürbiskern, so läßt sich gewöhnlich noch die Form der sie bildenden Zellen erkennen, welche meist tessularisch und bald dünnwändig sind, wie bei dem letztern [1]), bald verdickte Wände haben, wie bei den übrigen genannten Samen [2]). Wo dagegen die ganze Kernhaut oder eine Schichte derselben sehr dünn ist, da ist selten die Form der Zellen so deutlich ausgesprochen, wie in dem Traubenkern [3]), sondern, da hier meistens diese Schichten durch das Verschwinden des Zelleninhaltes zusammengefallen und durch die Vergrößerung des Keims oder des Eiweißes stark zusammengepreßt sind, so ist es schwer, ihre wahre Textur zu erkennen, z. B. in den Samen der Kaiserkrone und Schwertlilien [4]), der Wallnuß [5]), der Pimpernuß [6]), der Winden [7]), ferner in der innern Kernhaut des Kürbiskerns [8]). Hier ist die ganze Kernhaut oder die zusammengepreßte Schichte derselben gleichsam als abgestorben zu betrachten.

Auch das Eiweiß des Samenkerns (§. 89.) besitzt einen rein zelligen Bau. In den mit dickem Eiweiß versehenen Samen liegen gewöhnlich die Zellen desselben in mehr oder weniger regelmäßigen Reihen, welche von dem Mittelpunkte oder von der Achse strahlig gegen den Umfang hinziehen, wo die Zellen gewöhnlich kürzer und mehr tessularisch erscheinen, während die weiter nach Innen liegenden gewöhnlich mehr verlängert sind. Auch in der Nähe des Keims ist die reihenweise Stellung der Zellen oft weniger deutlich; eben so in manchen Samen mit dünnem, plattgedrücktem Eiweiß, wie beim Pastinak und Zirmet (Tordylium). Die Eiweißzellen haben immer durchschei-

---

[1]) Bischoff a. a. O. T. 43. Fig. 1872, d. Fig. 1873 A, d. — [2]) Daf. T. 42. Fig. 1858, e. Fig. 1859 d. Tab. 43. Fig. 1869, d e. — [3]) Daf. Fig. 1878, d. — [4]) Daf. T. 42. Fig. 1862 A, d. — [5]) Daf. Fig. 1863, c. — [6]) Daf. T. 43. Fig. 1871, d. — [7]) Daf. Fig. 1874, d. — [8]) Daf. Fig. 1872, e. Fig. 1873, e.

nende Wände, die bald dünn und zart, wie bei den Spillbäumen, dem Wunderbaum, der Pichtrose (Paeonia), den Schwalbenwurz-Arten (Asclepias), dem Mays und andern Getreidearten, bald dick und fest sind, wie bei dem immergrünen Schneeball (Viburnum Tinus) [1]), der Brechnuß, den Blumenrohren, Schwertlilien, der Kaiserkrone und vielen Palmen, z. B. der Dattelpalme. Die dicken Zellenwände, welche dem Eiweiß immer eine bedeutende Festigkeit ertheilen, so daß dasselbe im trocknen Zustande gewöhnlich sehr hart erscheint, sind immer punktirt, und hier sieht man deutlicher als in irgend einem andern Pflanzentheil auf dem Durchschnitt der Wände die Kanälchen, die denselben das punktirte Ansehen ertheilen, und auch hier liegen die Kanälchen zweier benachbarten Zellen immer gerade auf einander; dieses ist in dem Eiweiß der Schwertlilien, der Kaiserkrone, des Dattelkerns und vieler andern Palmensamen vorzüglich deutlich zu sehen. Im Eiweiß der Kaiserkrone sind namentlich die im Umfang liegenden Zellenwände sehr dick und so innig verwachsen, daß es auf einem Querdurchschnitte das Ansehen erhält, als sey das Eiweiß mit einem gleichförmigen, dickhäutigen Schlauche umgeben. Auch die dünnwändigen Zellen sind häufig punktirt, nur sind dann die Punkte weniger deutlich und in Form von kleinen, schwach begrenzten Kreisen ausgesprochen. Gewöhnlich sind die Eiweißzellen mit ihren Wänden, wie überhaupt in dem vollkommenen Zellgewebe, fest untereinander verwachsen; aber in dem mehligen Eiweiß der Wunderblume, der Rhabarber- und Knöterich-Arten, namentlich des Buchweizens (Polygonum Fagopyrum), ist der Zusammenhang so locker, daß beim Durchschneiden des Eiweißes dasselbe in seine einzelnen Zellen zerfällt. Die Eiweißzellen enthalten zwar in sehr vielen Samen nur Stärkmehlkörner, wie unter andern bei den zuletzt genannten Pflanzen, bei den Gräsern und Blumenrohren; in vielen Fällen kommt aber auch neben dem Stärkmehl fettes Oel vor, welches man beim Zerdrücken dünner Eiweißschichten unter Wasser in kleinen durchsichtigen Tröpfchen umherschwimmen sieht, wie im Samenkern der

---

[1]) Bischoff a. a. O. Tab. 42. Fig. 1864, b.

Spillbäume, des Wunderbaums, der Schwalbenwurz, und in manchen, wie bei vielen Palmen, namentlich der Cokosnuß- und der Oelpalme (Elaeis) scheinen sie vorzugsweise nur Oel, in andern, wie bei der Brechnuß und manchen Winden, schleimige Stoffe zu enthalten, wo dann das Eiweiß beim Einweichen in Wasser schlüpfrig wird. Bei vielen Palmen ist, wie früher schon erwähnt, das Eiweiß hohl und entweder leer oder mit milchigem Safte erfüllt; in diesen Fällen sind nur die äußern dickwändigen Zellen bleibend, die innern dünnwändigen ziehen sich aber zusammen oder verschwinden gänzlich, und dadurch entsteht bei der Samenreife eine Höhlung. Aber auch bei festen Samenkernen findet man zuweilen die in der Nähe des Keims liegenden Eiweißzellen mit zärtern Wänden versehen, wodurch ohne Zweifel die erste Ausdehnung des Keims beim Keimen erleichtert wird.

Der Keim besteht aus einem zarten, tessularischen Parenchym, welches aber in dem Samenlappenkörper größere Zellen enthält, als im Würzelchen und Knöspchen. Obgleich die Zellen in den meisten Fällen dünnwändig und ungefärbt sind, so sehen wir sie doch in manchen Samenlappen auch mit dicken, punktirten Wänden versehen, z. B. im Tamarindenkern, und bräunlich gefärbt in der Kakaobohne, deren Samenlappen auch mit zahlreichen, senkrecht gegen die Oberfläche gerichteten, von einem dunkelbraunen Safte erfüllten Saftgängen durchzogen sind. Bei keiner Gefäßpflanze kommen im Keim wirkliche Gefäße vor, sondern es finden sich nur die Anfänge der künftigen Gefäßbündel, nämlich Bündel aus äußerst feinen, engen und gestreckten Zellen gebildet, in welchen sich erst beim Keimen die zarten Gefäße erzeugen. Diese Bündel gestreckter Zellen durchziehen aber alle Theile des Keims, von dem ersten Knoten zwischen dem Würzelchen und dem Samenlappenkörper ausgehend, in jenes nach unten hinab, in diesen und das Knöspchen nach oben hinaufsteigend und in den letztern auf mannichfache Weise sich verzweigend. In dem Würzelchen ziehen dieselben nahe unter der Oberfläche hin, gelangen aber so wenig, wie bei der ausgebildeten Wurzel, bis in seine Spitze. Vorzüglich schön läßt sich der Verlauf dieser Zellenbündel in dem Keime der Bohne verfolgen, wo dieselben auf den Längsdurchschnitten des Würzelchens und der Samenlappen als

durchscheinende Streifen zwischen dem dicht mit Stärkmehlkörnern erfüllten Parenchym erscheinen, und in den zarten Blättchen des Knöspchens bedarf es nicht einmal eines Durchschnittes, indem man hier nur die eine Hälfte der zusammengelegten Blättchen unter das Mikroskop zu bringen braucht, um auf das Deutlichste die Mittelrippe und alle Verzweigungen derselben, bis zu den feinsten Aederchen, in dem äußerst kleinzelligen Parenchym zu erkennen. Der Inhalt der Parenchymzellen des Keims ist aber nicht immer Stärkmehl, wie eben bei der Bohne und vielen andern Schmetterlingsblüthigen, sondern er ist eben so verschieden als in dem Eiweißkörper; es kommen ölige und schleimige Stoffe mit dem Stärkmehl gemengt vor, und in manchen Fällen, wie im Keim der Kakaobohne und (nach Mohl) auch der Palmen, ist gar kein Stärkmehl in den Zellen des Parenchyms zu erkennen. Der Keim besitzt zwar in allen Fällen eine Oberhaut; diese ist aber so äußerst zart und dem darunterliegenden Parenchym so fest aufgewachsen, daß es nur bei größeren Keimen gelingt, dieselbe auf den zarten Durchschnitten der verschiedenen Theile zu unterscheiden, und wo sich die Oberhaut (mit Anwendung großer Sorgfalt) stellenweise ablösen läßt, wie auf den Samenlappen der Bohne, da erscheint sie so kleinzellig, daß man über das Vorhandenseyn der Spaltöffnungen, welche doch auf allen beim Keimen über den Boden hervortretenden und sich grün färbenden Samenlappen später erkannt werden, sehr in Zweifel bleibt.

Was den innern Bau der Sporen bei den kryptogamischen Gefäßpflanzen betrifft, so stimmen viele der letztern in dieser Beziehung mit den höhern Zellenpflanzen überein; daher wollen wir auch zum Schlusse den anatomischen Bau der Sporen kryptogamischer Gewächse überhaupt noch in Kürze betrachten. Manches ist schon (§. 93.) über den Bau dieser Theile gesagt worden und wir haben hier nur noch dasjenige herauszuheben, was sich auf die anatomische Struktur derselben bezieht. Bei den Characeen besteht die äußere Sporenhaut (S. 441) nur aus den hintern Wänden der die Spore umgebenden, spiraligen Röhrenzellen (Fig. 210, h i.), und jeder Spiralstreifen der dunkeln Außenhaut der Spore muß demnach eine gleichförmige Membran seyn. Die innere Sporenhaut, als die erweiterte Centralzelle

des zur Frucht verkürzten Astes stellt ebenfalls eine einfache, aber viel zärtere Membran, ohne zellige Textur dar.

In den größern Sporen der Rhizokarpen (S. 441) und der Bärlappe (S. 442) ist die äußere, dicke Haut (Fig. 408, c. Fig. 412, d. Fig. 392, c) offenbar aus Zellen zusammengesezt, die aber wegen der Undurchsichtigkeit ihrer Wände sehr schwer zu erkennen sind, während die innere, zarte Sporenhaut ebenfalls nur eine gleichförmige Membran, ohne zelligen Bau darzustellen scheint. Die krystallhelle gallertartige Hülle der Sporen des Pillenkrautes und der Marsilien (Fig. 408, b. Fig. 411, d) bildet gleichsam eine Oberhaut oder eine Art von Sporendecke, in welcher die zarten, strahlig gegen den Umfang gerichteten Streifen, die man bei starker Vergrößerung in derselben gewahrt, ebenfalls auf einen aus äußerst dünnwändigen Zellen bestehenden Bau schließen lassen. Der Inhalt dieser größern Sporen, so wie der Sporen der Characeen, zeigt eine nicht geringe Aehnlichkeit mit dem Befruchtungsstoffe der Pollenkörner. Die größern Bläschen dieses Inhaltes werden nämlich ebenfalls durch Jodtinktur blau gefärbt und verhalten sich also wie Stärkmehlkörner, während das Austreten kleiner, durchsichtiger Tröpfchen, welches man aus der durchschnittenen Spore unter Wasser beobachtet, auch das Daseyn einer öligen Flüssigkeit darthut.

Die kleinern Sporen der genannten kryptogamischen Gefäßpflanzen (Fig. 407, b. Fig. 415. Fig. 390, bcd), so wie die Sporen der Farne (Fig. 393, b. Fig. 404, bc) und Ophioglosseen (Fig. 387, b) stimmen, nebst den Sporen der mit doppelten Befruchtungsorganen versehenen Zellenpflanzen, nämlich der Moose (Fig. 376, ab. Fig. 386.) und Lebermoose (Fig. 303, de), sowohl in ihrer Entwicklungsweise, als auch in dem Bau ihrer doppelten Sporenhaut (s. S. 444) auffallend mit den Pollenkörnern phanerogamischer Pflanzen überein. Auch hier ist es sehr wahrscheinlich, daß die äußere Membran stets aus kleinen Zellen zusammengesezt ist, wenn diese auch nicht immer ganz deutlich zu erkennen und blos in Form von kleinen Körnchen oder Stachelchen ausgesprochen sind, wie dieses ebenfalls bei den Pollenkörnern nachgewiesen wurde. Die innere Sporenhaut zeigt sich auch hier, wie im Pollenkorn, als einfache, gleichförmige Membran, und bei den kleinern Sporen des Pillen-

krautes und der Marsilie tritt noch, wie bei den größern Sporen dieser Pflanzen, eine gallertige Decke um die Außenhaut hinzu. Der Inhalt aller pollenähnlichen Sporen erscheint unter der Form einer klaren, meist gelblichen, ölartigen Flüssigkeit, in welcher man jedoch in manchen Fällen (Fig. 376 E, b), namentlich auch bei den Rhizokarpen, auch noch kleinere, Stärkmehlkörnchen ähnliche Bläschen erkennt. Auch die Sporen der Schafthalme (Fig. 423, 424 u. 425.), die sich, wie schon (S. 442) bemerkt, in ihrem äußern Bau sehr von den Sporen der übrigen kryptogamischen Gewächse unterscheiden, scheinen außer den umhüllenden, elastischen Spiralbändern, noch zwei Häute zu besitzen, von welchen die äußere, ziemlich derbe, beim Zerdrücken der Sporen aussieht, als ob sie aus wenigen größern Zellen bestünde [1]), während die innere, äußerst zarte Membran kaum isolirt darzustellen ist, wie dieses bei den Sporen der übrigen, namentlich der Farne, durch sanftes Rollen zwischen zwei Glasplatten zuweilen möglich wird, indem dann die äußere Haut von der innern, zarten, wasserhellen Membran sich ablöst.

Hinsichtlich der Sporen der noch übrigen Zellenpflanzen, nämlich der Flechten, Algen und Pilze, wurde schon (S. 445) bemerkt, daß die nähere Bestimmung ihres Baues noch nicht gelungen ist. Es bleibt daher zweifelhaft, ob dieselben auch alle eine doppelte Membran besitzen, oder ob ihre Hülle nur einfach sey; daß jedoch alle eine besondere häutige Hülle besitzen und nie aus dem nackten Inhalte bestehen, ist hinlänglich erwiesen. Doch scheint diese Hülle keine zellige Textur zu besitzen, sondern eine gleichförmige, meist wasserhelle Membran zu bilden. Der Inhalt dieser Sporen scheint mit dem der pollenähnlichen Sporen mehr oder weniger übereinzustimmen.

Rückblick in Bezug auf die Metamorphose.

§. 113.

Wenn wir nun schließlich noch einen vergleichenden Blick auf die hier gegebene Darstellung des innern Baues der Pflanzen zurückwerfen, so finden wir, daß in den vegetativen oder Ernährungsorganen bei Mono- und Dikotyledoneen auch hin-

[1]) Bischoff, krypt. Gew. 1ste Lief. Tab. 4. Fig. 18.

sichtlich des anatomischen Baues, mit wenigen Ausnahmen, eine merkwürdige Verschiedenheit hervortritt, wie diese schon größtentheils in der äußern Bildung dieser Organe, und mehr noch in der des Keims sich ausspricht. Unter den kryptogamischen Gefäßpflanzen sind die Schafthalme, Farne und Ophioglosseen, deren innerer Bau bald mehr den Monokotyledoneen, bald den Dikotyledoncen sich nähert, die aber doch mit keiner dieser Abtheilungen der phanerogamischen Gewächse ganz übereinstimmen. Nur in gewissen Gattungen der drei genannten Abtheilungen der Gefäßpflanzen kommt eine Uebereinstimmung des anatomischen Baues, in Bezug auf die Lage und Vertheilung des Gefäßsystems innerhalb der Ernährungsorgane, vor, und diese meist dem Wasser angehörenden Gewächse, welche offenbar die tiefsten Bildungsstufen ihrer Reihe einnehmen, erscheinen dadurch gewissermaßen als die Uebergangs- und Bindeglieder zwischen jenen, nach ihren Reproduktionsorganen verschiedenen Abtheilungen. Aber auch zu den Zellenpflanzen sehen wir von den Gefäßpflanzen die Uebergänge durch die aus einfacher Zellenlage gebildeten Blätter der Haut- und Becherfarne (Hymenophyllum und Trichomanes), so wie durch manche der einfachern phanerogamischen Wasserpflanzen, z. B. die Wasserlinsen (Lemna) und die Hörnerblatt-Arten (Ceratophyllum) (in welchen man bis jezt noch gar nicht mit Bestimmtheit die Gegenwart wirklicher Gefäße nachzuweisen vermochte) angedeutet, so daß der Zusammenhang aller Bildungen des Gewächsreiches am bemerkbarsten in dem innern Bau sich ausspricht. Daraus wird es aber auch klar, daß auf diesen Uebergangsstufen der innere Bau zur Unterscheidung der Abtheilungen, welchen die Pflanzen nach der Beschaffenheit ihrer Fortpflanzungsorgane angehören müssen, nicht mehr ausreicht und daß wir hier, ohne die letztern zu kennen, nicht im Stande seyn würden zu bestimmen, ob eine dieser tiefern Pflanzenformen den Mono- oder Dikotyledoneen, oder endlich den kryptogamischen Gefäßpflanzen zugehöre.

Was dagegen die Metamorphose der Theile betrifft, so finden wir diese auch allenthalben im anatomischen Bau gleichen Schritt haltend mit den mannichfaltigen Veränderungen in der äußern Bildung, und wenn wir aufmerksam den Bau des Stammes,

besonders aber die Lage und den Zug der Gefäßbündel und die Art ihres Uebertrittes zu den Blättern verfolgt haben, so werden wir nicht abgeneigt seyn, darin einen weitern Beleg für die (S. 461 u. 462) ausgesprochene Ansicht zu finden, daß der Stamm der Pflanzen nur aus der innigen Verschmelzung der latenten Blattbasen bestehe. In allen Gefäßpflanzen sehen wir die Gefäßbündel vom Grunde des Stammes beginnen, in verschiedenen Höhen aber sich nach Außen biegen und in den freien Blatt-Theil eingehen, indem zugleich von dem Zellensystem alle dem Blatt angehörigen Theile als Begleiter dem austretenden Gefäßsysteme sich anschließen. Bei Dikotyledoneen schließt sich über dem in das freigewordene Blatt ausgetretenen Gefäßbündel der Holzring wieder, sey es nun durch ein Dazwischentreten der Elemente zu einem neuen Blatte oder durch bloße Erweiterung der schon vorhandenen Gefäßbündel; bei den Monokotyledoneen dagegen, wo die Gefäßbündel nicht zum Kreise geschlossen sind, wird bei dem Austritt derselben auch keine Lücke in dem Gefäßsysteme bemerkt; die zu den weiter hinauf aus der Verwachsung sich lösenden Blättern gehörigen Bündel setzen unverändert ihren Zug zwischen den eben austretenden fort und müssen diese daher durchkreuzen. So sehr nun auch auf den ersten Blick der innere Bau, namentlich des Monokotyledoneen-Stammes, jener Ansicht entgegenzustehen scheint, so dürfen wir uns nur an die Blüthen- und Fruchttheile in ihren verschiedenen Graden der Verwachsung erinnern, wie dort ebenfalls im innern Bau die Grenzen zwischen den verwachsenen Theilen völlig verschwunden, namentlich auch die Gefäßbündel unter einander zusammengeflossen sind und nicht die gegenseitige Lage haben, welche sie in den frei gewordenen Theilen behaupten; wenn wir uns ferner die Knospenachse ins Gedächtniß rufen, in welcher die latenten Basen der Blätter noch im höchsten Grade verkürzt erscheinen und deren Verlängerung bei Entfaltung der Knospe nur durch die Vergrößerung und Vermehrung der Elementarorgane bedingt ist, so werden wir in dem anatomischen Bau des Stammes nicht nur keine Widerlegung, sondern vielmehr eine Bestätigung jener Ansicht erkennen.

In dem Stamme der mit deutlicher Blattbildung versehenen Zellenpflanzen (der Moose und Lebermoose) ist dieses Frei-

werden der Blätter aus ihrer anfänglichen Verschmelzung noch einleuchtender, da hier nur reine Zellenmassen vereinigt und getrennt werden und dabei die Interfoliartheile meist verkürzt bleiben, während in den tiefer stehenden Zellenpflanzen, bei welchen schon die Andeutung eines Gegensatzes zwischen Stamm und Blattbildung vorhanden ist, die leztere sich geradezu als die unmittelbare Ausbreitung der im Stamme nur mehr zusammengedrängten Zellenmasse darstellt. Hinsichtlich der Wurzel finden wir im anatomischen Bau zwar manche Uebereinstimmung mit dem Stamme, besonders bei den dikotyledonischen Pflanzen; aber bei den Monokotyledoneen und den höhern kryptogamischen Gefäßpflanzen haben wir doch sehr bedeutende Unterschiede zwischen dem Stamm oder dessen Aesten und den Wurzelzasern wahrgenommen, und auch in den Dikotyledoneen sind uns Merkmale erschienen, welche uns die Wurzel als einen auch im innern Bau mehr oder weniger verschiedenen Theil erkennen ließen. Wenn wir nun auch (mit E. Meyer, S. 463) annehmen wollten, daß die Wurzel aus Blättern im weitern Sinne bestehe, deren Verschmelzung sich niemals löst und in freie Scheiben sich ausbreitet, wofür allerdings eine gewisse Analogie mit dem Stamme spricht, so müssen wir doch eben wegen dieses Mangels der Auflösung in freie Blatt-Theile, verbunden mit den übrigen, nie trügenden Merkmalen, die Wurzel als ein vom Stamme bestimmt verschiedenes Organ gelten lassen *).

Literatur der Phytotomie.

§. 114.

Die in diesem Kapitel bereits angeführten Schriften, worunter sich namentlich die von Hugo Mohl durch Genauigkeit und treue Darstellung auszeichnen, handeln meist nur über einzelne Familien oder Pflanzenorgane. Von denjenigen Werken, welche sich über den Bau der ganzen Pflanze verbreiten, sind,

---

*) Wir dürfen dabei freilich nicht die Formen des unterirdischen Stammes mit jenen der wahren Wurzel vermengen, da dieselben nicht allein in morphologischer (s. S. 463, Bem.), sondern auch in anatomischer Beziehung, besonders durch das Austreten der Gefäßbündel in die frei gewordenen Blatt-Theile, sich eben so gut, wie der oberirdische Stamm, von der Wurzel unterscheiden.

vorzüglich zur Beurtheilung der historischen Entwicklung und fortschreitenden Ausbildung der Phytotomie, folgende zu erwähnen:

Nehemiah Grew, The anatomy of vegetables begun, with a general account of vegetation founded thereon. London 1672. (12).

Derselbe, The anatomy of plants. Lond. 1682. (fol.)

Marcelli Malpighi, Anatome plantarum. Lond. 1675 — 1679. (fol.) — Edit. 2. part. I. Lond. 1676. Edit. 3. Lugdun. Batav. 1687. (4.)

C. F. Brisseau-Mirbel, Traité d'anatomie et de physiologie végétale. 2 Vol. Paris. 1802. 2me édit. 1813. (8.)

Derselbe, Exposition et défense de ma théorie de l'organisation végétale. La Haye. 1808. — Dann: Exposition de la théorie de l'organisation végétale, servant de réponse aux questions proposées en 1804. 2e édit. Paris. 1809. (8.)

L. C. Treviranus, Vom inwendigen Bau der Gewächse und von der Saftbewegung in denselben. Göttingen 1806. (8.)

K. A. Rudolphi, Anatomie der Pflanzen. Berlin 1807. (8).

H. F. Link, Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Göttingen, 1807. (8.) Mit dessen Nachträgen. 1s Heft. 1809. 2s Heft. 1812.

J. J. P. Moldenhawer, Beiträge zur Anatomie der Pflanzen. Kiel, 1812. (4.)

K. Sprengel, Von dem Bau und der Natur der Gewächse. Halle, 1812. (8.)

Derselbe, Anleitung zur Kenntniß der Gewächse. Th. 1. Halle, 1802. 2te Aufl. 1817. (8.)

D. G. Kieser, Mémoire sur l'organisation des plantes ou réponse à la question physique proposée par la société Teylérienne, qui a remporté le prix en 1812. Harlem. 1813. (4.)

Derselbe, Grundzüge der Anatomie der Pflanzen. Ein Auszug aus der im Jahr 1812 von der Teylerschen Gesellschaft zu Harlem gekrönten Preisschrift. — Auch unter dem Titel: Elemente der Phytonomie. Erster Theil. Phytotomie. Jena, 1815. (8.)

F. J. F. Meyen, Phytotomie. Berlin, 1830.

Außerdem findet man eine Uebersicht des anatomischen Baues der Pflanzen auch in Nees v. Esenbeck Handbuch der Botanik und Link Elementa philosophiae botanicae (s. S. 464).

Drittes Kapitel.

Von den chemischen Bestandtheilen und deren Mischungsverhältnissen in den Pflanzen:

Pflanzenchemie.

Begriff und Eintheilung der chemischen Bestandtheile.

§. 115.

Die Elementarorgane der Pflanzen bestehen aus Membranen und Fasern, diese aber zunächst aus einer Vereinigung von gleichartigen Massentheilchen, welche auch in der denkbar kleinsten mechanischen Zertheilung jener Organe noch die Natur und allgemeine innere Zusammensetzung derselben besitzen, und die wir daher (§. 97.) als organische Bestandtheile unterschieden haben. Außerdem sind aber sowohl die Elementarorgane als auch alle in und zwischen denselben enthaltenen, flüssigen und festen Stoffe noch aus Bestandtheilen gebildet, welche nicht durch mechanische Zertheilung, sondern nur durch chemische Zerlegung aus ihrer Verbindung getrennt werden können, und die sich, einzeln dargestellt, nicht nur von den Stoffen, welchen sie angehörten, sondern auch von einander selbst verschieden zeigen. Diese ungleichartigen Mischungstheile, welche erst in ihrer Vereinigung die organischen Bestandtheile und Elementarorgane, so wie die übrigen in dem Pflanzenkörper vorkommenden Stoffe bilden, stellen die chemischen Bestandtheile der Pflanzen dar. Die chemischen Bestandtheile, in welche die Pflanzen, so wie jeder andere zusammengesetzte Naturkörper, zunächst zerlegt werden können, bestehen oft selbst wieder aus mehreren ungleichartigen Mischungstheilen, die sich durch eine weitere chemische Zerlegung ebenfalls scheiden lassen; daher hat man die noch weiter zerlegbaren nähere Bestandtheile, die als letztes Resultat der Zerlegung erhaltenen aber entfernte Bestandtheile, Elemente oder Grundstoffe genannt.

Erster Artikel.

Von den entfernten Bestandtheilen oder den chemischen Grundstoffen der Pflanzen.

§. 116.

Es sind bis jezt in der ganzen uns umgebenden Natur 54 unzerlegte oder einfache Stoffe bekannt, von welchen aber nur der dritte Theil, also 18, im Pflanzenreiche gefunden werden. Davon ist die Hälfte nichtmetallischer Natur, nämlich der Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und das Chlor, welche ausdehnsamflüssig (gasförmig), das Brom, welches tropfbarflüssig, der Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor und das Jod, welche feste Körper sind; zur andern Hälfte oder den metallischen gehören das Kalium, Natrium, Calcium, Magnium, Alumium, Silicium, Mangan, Eisen und Kupfer, insgesammt feste Körper darstellend. Keiner dieser Grundstoffe ist jedoch dem Pflanzenreiche eigenthümlich; dieselben kommen in allen drei Naturreichen vor, mit Ausnahme des Alumiums, welches bis jezt nur noch im Mineralreiche gefunden wurde.

1. Von den nichtmetallischen Grundstoffen.

§. 117.

Der Sauerstoff oder das Oxygen, auch, da es vorzüglich das Verbrennen und Athmen unterhält, Feuerluft und Lebensluft genannt, ist ein farbloses, geruch- und geschmacklosses Gas, etwas schwerer als die atmosphärische Luft, in welcher es zu $\frac{1}{5}$, so wie im Wasser zu $\frac{8}{9}$ (dem Gewichte nach) enthalten ist, und bildet einen wesentlichen Bestandtheil aller Pflanzen. — Der Wasserstoff oder das Hydrogen, wegen seiner Brennbarkeit auch brennbare Luft genannt, stellt im reinen Zustand ebenfalls ein farbloses Gas ohne Geruch und Geschmack dar, welches $14\frac{1}{2}$ mal leichter als die Luft und im Wasser, darin $\frac{1}{9}$ des Gewichts betragend, enthalten ist, und kommt eben so als Bestandtheil in allen Pflanzen vor. — Auch der Stickstoff oder das Azot ist, wie die beiden vorigen, gasförmig, farblos, ohne Geruch und Geschmack, wenig leichter als die Luft, weder brenabar

roch für sich allein athembar; er bildet aber mit Sauerstoff gemengt zu $\frac{4}{5}$ (dem Gewichte nach) die atmosphärische Luft, welche häufig in den Lufthöhlen der Pflanzen enthalten ist. Ausserdem wird aber der Stickstoff auch noch mit andern Grundstoffen chemisch verbunden in sehr vielen Pflanzen angetroffen. — Das Chlor unterscheidet sich von den drei genannten Gasarten durch seine gelbe, ins Grünliche ziehende Farbe und seinen höchst unangenehmen, stechenden und erstickenden Geruch, so wie durch die zerstörende Wirkung, welche es im feuchten Zustande auf alle organischen Farben ausübt, daher es auch zum Bleichen, namentlich der aus Pflanzenfasern bereiteten Gewebe, angewendet wird; es kommt weniger häufig und nur in solchen Pflanzen vor, welche auf salzhaltigem Boden, am Seestrande oder in der Nähe von Salinen wachsen.

Das Brom, bei gewöhnlicher Temperatur eine tropfbare Flüssigkeit von dunkel braunrother Farbe, sehr starkem, unangenehmen, dem Chloroxyd ähnlichen Geruch und widrig brennendem, stark schrumpfendem Geschmack darstellend, welche wie das Chlor die organischen Farben und Gerüche zerstört, findet sich nur in Pflanzen, welche im Meerwasser selbst wachsen.

Der Kohlenstoff erscheint im reinen Zustande als fester Körper, ohne Geruch und Geschmack, der zu den am schwierigsten schmelzbaren und verdampfbaren gehört. Er kommt krystallisirt, als Diamant, nur im Mineralreiche, dagegen als reine Kohle in allen Pflanzen vor. — Der Schwefel, ausgezeichnet durch seine gelbe, zuweilen ins Grünliche oder Orangegelbe ziehende Farbe, dabei fast geruch- und geschmacklos, leicht schmelzbar und, an der Luft entzündet, mit blauer Flamme verbrennend, kommt nur in geringer Menge in Pflanzen, unter andern in den Blüthen der Kapuzinerkresse und Pomeranze, in der Schafgarbe, im Selleri, im Hopfen, in der Muskatnuß und den Senfsamen, vor. — Der Phosphor von Wachskonsistenz, blasgelb, ins Weisliche ziehend, durchscheinend, fettglänzend, an sich geschmack- und geruchlos, aber an der Luft verdampfend und dann von knoblauchartigem Geruch, ausgezeichnet durch seine Eigenschaft im Dunkeln zu leuchten, so wie durch bloses Reiben und Druck sich zu entzünden, kommt ziemlich häufig, jedoch wohl nur mit Sauerstoff verbunden (als Phosphorsäure),

in den Pflanzen vor. — Das Jod bildet schwarzgraue, metallisch glänzende Blättchen und Tafeln, seltner octaëdrische Krystalle, ist sehr weich und zerreiblich, von einem unangenehmen, dem Chlor ähnlichen, jedoch schwächern Geruch und einem sehr herben und scharfen Geschmack, nicht brennbar, aber bei starker Hitze in schönen violetten Dämpfen sich verflüchtigend; kommt nur in den Meeralgen und einigen andern Seepflanzen, z. B. im Wasserriemen (Zostera), vor *).

2. Von den metallischen Grundstoffen.

§. 118.

Die metallischen Grundstoffe sind entweder leichter oder nur bis 5mal schwerer als Wasser, leichte Metalle, oder sie übertreffen das Wasser 6mal bis 22mal an Schwere, schwere Metalle. Die leichten Metalle besitzen eine so große Verwandtschaft zum Sauerstoff, daß sie nie ohne diesen vorkommen und nur sehr schwer davon zu trennen sind. Ihre Verbindungen mit Sauerstoff erscheinen meist als Salzbasen, welche, wenn sie auflöslich in Wasser sind, einen laugenhaften, urinösen Geschmack besitzen, ätzend auf thierische Theile wirken, verschiedene Pflanzenfarben verändern (nämlich die blaue Farbe des Veilchensaftes in Grün, die gelbe der Curcumä und Rhabarber in Braun, die rothe des Fernambucks in Violett oder die durch Säuren geröthete Lackmustinctur wieder in Blau verwandeln), Laugensalze oder Alkalien, ihre metallischen Grundstoffe aber Alkalimetalle heißen, wie das Kalium, Natrium und Calcium, dagegen Erden genannt werden, wenn sie in Wasser unauflöslich, geschmack- und geruchlos sind, keine ätzende Wirkung besitzen und die Pflanzenfarben nicht verändern; ihre metallischen Grundstoffe heißen Erdmetalle, so das Magnium, Alumium und Silicium.

Die schweren Metalle zerfallen, wie allgemein bekannt,

---

*) Das Jod ist vorzüglich als Reagens auf Stärkmehl bemerkenswerth, welches dadurch blau gefärbt wird. Daher ist die geistige Auflösung (Jodtinctur) für die anatomische Untersuchung von großem Werthe, da sie die Gegenwart der Stärkmehlkörner im Zellgewebe (bei mikroskopischen Untersuchungen) augenblicklich erkennen läßt.

in edle, welche eine geringere Verwandtschaft zum Sauerstoff besitzen und sich durch bloßes Erhitzen wieder von ihm trennen lassen, und in unedle Metalle, die eine größere Verwandtschaft zum Sauerstoff haben und diesen durch Erhitzen allein nicht fahren lassen. Die drei in den Pflanzen vorkommenden schweren Metalle, nämlich das Mangan, Eisen und Kupfer, gehören zu den unedlen. Die Verbindungen dieser Metalle mit Sauerstoff, in welchen sie immer in den Pflanzen auftreten, sind ebenfalls Salzbasen und werden überhaupt Metalloxyde genannt.

§. 119.

Die leichten Metalle sind im Allgemeinen weich, ohne Klang, in der Kälte mehr oder weniger spröde, zum Theil schmelzbar und flüchtig. Sie kommen nur im oxydirten Zustande, als Alkalien und Erden, in den Pflanzen vor. Das Kalium ist zinnweiß, stark glänzend, dem Queckſilber ähnlich, leichter als Wasser, schon bei geringer Hitze flüssig werdend und bei stärkerer Hitze in grünen Dämpfen sich verflüchtigend; es verbindet sich außerordentlich leicht mit dem Sauerstoff und bildet dann das Kali. — Das Natrium ist dem Kalium ähnlich, aber etwas schwerer, nicht so leichtflüssig, weniger flüchtig, nimmt langsamer den Sauerstoff der Luft auf und bildet im oxydirten Zustande das Natron. — Das Calcium ist hellgrau, stark metallglänzend, etwa 4 mal schwerer als Wasser, nur in der Rothglühhitze schmelzbar und schwer sich verflüchtigend, verbindet sich ebenfalls sehr leicht mit dem Sauerstoff der Luft zu Kalk.

Das Magnium ist ein silberweißes, stark glänzendes, weiches Erdmetall, schwerer als Wasser, ziemlich leicht schmelzbar und feuerbeständig; verbindet sich an feuchter Luft nur theilweis, unter Luftzutritt erhizt aber vollständig mit Sauerstoff zur Bittererde oder Magnesie. — Das Alumium erscheint als graues Pulver mit metallglänzenden Flittern untermengt, nimmt mit dem Polirstahl gerieben einen zinnweißen Metallglanz an, ist unschmelzbar und nimmt nur in der Glühhitze den Sauerstoff der Luft auf, damit Thon- oder Alaunerde bildend. — Das Silicium stellt eine dunkelbraune, pulverige Substanz dar, ohne allen Metallglanz, wie die vorigen schwerer als Wasser, unschmelzbar

und nur in der Glühhitze mit dem Sauerstoff der Luft zur Kieselerde sich verbindend.

§. 120.

Die unedlen schweren Metalle, wozu die drei in Pflanzen vorkommenden gehören, besitzen eine sehr verschiedene Schmelzbarkeit; nicht alle sind klingend und dehnbar, so wie dieselben überhaupt in ihren Eigenschaften zum Theil sehr von einander abweichen.

Das Mangan oder Braunstein-Metall ist grauweiß, wenig metallglänzend, weich und spröde, von feinkörnigem oder blättrigem Gefüge, äußerst strengflüssig, feuerbeständig und zieht sehr leicht den Sauerstoff der Luft an, mit welchem es mehrere Oxydationsstufen eingehen kann. — Das Eisen ist weißlichgrau, stark glänzend, am härtesten und zähesten unter allen Metallen, ziemlich dehnbar, sehr strengflüssig, höchst feuerbeständig und vorzüglich dadurch ausgezeichnet, daß es vom Magnet angezogen wird und selbst in künstlichen Magnet umgewandelt werden kann; es verbindet sich in feuchter Luft leicht mit dem Sauerstoff und bildet Rost, geht aber noch verschiedene andere Oxydationsstufen ein. — Das Kupfer ist hellbräunlichroth, stark glänzend, sehr hart und zähe, stark klingend, dehnbarer als Eisen, strengflüssig und in sehr starker Hitze sich verflüchtigend, verbindet sich weniger leicht, und nur in Berührung mit Luft und Wasser oder in der Hitze, mit dem Sauerstoff zu Kupferoxydul und Kupferoxyd. Diese drei Metalle, welche in der Asche vieler Pflanzen gefunden werden, sind in der lebenden Pflanze zum Theil im oxydulirten Zustande und wohl stets mit einer Säure verbunden vorhanden.

Zweiter Artikel.

Von den nähern Bestandtheilen oder den unorganischen und organischen Verbindungen, welche in den Pflanzen vorkommen.

§. 121.

Unter den nähern Bestandtheilen der Pflanzen lassen sich zwei Klassen von chemischen Verbindungen unterscheiden. Die der ersten

Klasse sind nur binäre, d. h. sie bestehen entweder nur aus zwei einfachen Stoffen, oder sie enthalten selbst wieder zwei nähere Bestandtheile, deren jeder, wenn er nicht einfach ist, in zwei entferntere Bestandtheile zerfällt, so daß im leztern Falle der nähere Bestandtheil durch zwei Verbindungen vermittelt ist. Die nähern Bestandtheile dieser Klasse, welche blos Produkte der chemischen Verwandtschaft sind, werden auch im Mineralreich angetroffen und daher unorganische Verbindungen genannt. Die nähern Bestandtheile der zweiten Klasse bestehen meist wenigstens aus drei einfachen Stoffen, welche unmittelbar zu ternären, oder, wenn derselben mehrere sind, zu quaternären ꝛc. Verbindungen vereinigt sind, und werden, da sie meist nur im Thier- und Pflanzenreiche vorkommen und Produkte der durch die Lebenskraft geleiteten Affinität sind, organische Verbindungen genannt. Es können aber in den Pflanzen auch unorganische mit organischen Verbindungen zu einem nähern Bestandtheile vereinigt vorkommen, wie dies namentlich in den verschiedenen Salzen der Fall ist.

Sowohl die unorganischen, als die organischen Verbindungen lassen sich in drei Hauptabtheilungen bringen, welche sich auf das verschiedene chemische Verhalten gegen einander und gegen andere Körper gründen, nämlich in Säuren, Salzbasen und indifferente Stoffe. Die Säuren besitzen einen mehr oder weniger sauern Geschmack, verändern die meisten blauen Pflanzenfarben in Roth und besitzen eine große Verwandtschaft zu den Basen, mit welchen sie Salze bilden; die Salzbasen oder salzfähigen Grundlagen sind in ihren chemischen Eigenschaften den Säuren entgegengesezt; sie verbinden sich, in Folge ihrer großen Verwandtschaft, mit ihnen, dieselben neutralisirend, zu Salzen, worin die Eigenschaften der Säure und Base mehr oder weniger aufgehoben sind. Zu den indifferenten Stoffen gehören solche, die, ohne aus der Vereinigung von Säuren mit Basen hervorgegangen zu seyn, weder ausgezeichnet sauer noch basig sind; unter den unorganischen Verbindungen in den Pflanzen gehört hierher nur das Wasser, unter den organischen Verbindungen giebt es dagegen eine große Anzahl indifferenter Stoffe.

I. Von den unorganischen Verbindungen in den Pflanzen.

1. Von dem Wasser.

§. 122.

Das reine Wasser ist, wie allgemein bekannt, eine farblose, durchsichtige Flüssigkeit, ohne Geruch und Geschmack, welche bei gewöhnlicher Temperatur tropfbar, in der Siedhitze aber gasförmig (in unsichtbaren Dampf verwandelt) und bei einer Kälte von 0° R. oder wenig darunter fest (krystallisirt als Eis) erscheint. Das Gewicht des Wassers wird bei der Bestimmung des specifischen Gewichtes anderer wägbarer Stoffe als Einheit, also das specif. Gewicht des Wassers = 1 angenommen. 100 Theile Wasser sind zusammengesetzt aus 11,11 Th. Wasserstoff und 88,89 Th. Sauerstoff*). Das Wasser, welches bei weitem den größten Theil der Erdoberfläche als Meer-, Fluß- und Quellwasser einnimmt, ferner als Dampf, Regen und Schnee in der Luft verbreitet, und als Krystallisationswasser in Mineralien enthalten ist, kommt auch als wesentlicher Bestandtheil in allen Pflanzen vor; es spielt eine der wichtigsten Rollen bei der Ernährung derselben, und ohne Wasser kann keine Pflanze, so wenig als ein anderes organisches Wesen, bestehen.

2. Von den unorganischen Säuren.

§. 123.

In den unorganischen Säuren ist der säurefähige Stoff oder das Radikal entweder mit Sauerstoff oder mit Wasserstoff verbunden. Daher unterscheidet man Sauerstoff- und Wasserstoffsäuren.

Zu den Sauerstoffsäuren gehören folgende: Die Kohlensäure, ein farbloses Gas, von stechendem Geruch, weder brennbar, noch das Verbrennen unterhaltend und eben so wenig zum Athmen tauglich, $1\frac{1}{2}$ mal schwerer als Luft, 542 mal leichter als Wasser; 100 Theile enthalten 27,27 Kohlenstoff und 72,73 Sauerstoff. Sie bildet nebst dem Wasser gleichsam die Grundlage des

*) Diese Zahlenverhältnisse bezeichnen, wie bei allen folgenden, die Gewichtstheile.

Pflanzenlebens, kommt sowohl frei als auch mit andern Stoffen verbunden in größter Menge in allen Pflanzen vor, und wird von den meisten bei Nacht und im Finstern ausgehaucht. — Die Schwefelsäure ist im wasserfreien Zustande bei niederer Temperatur fest, bildet weiße, feine, nadelförmige, federartig und sternförmig zusammengehäufte, biegsame Krystalle, zieht begierig das Wasser an und löst sich darin, ist beinahe doppelt so schwer als dieses, sehr ätzend, verkohlt viele organische Körper sehr schnell, besitzt mit Wasser verdünnt keinen Geruch, aber einen stark sauern Geschmack; 100 Theile enthalten 40,14 Schwefel, und 59,86 Sauerstoff. Sie ist in vielen Pflanzen, aber stets an Basen gebunden, enthalten. — Die Phosphorsäure ist fest, weiße Flocken oder eine glasige Masse darstellend, schwer schmelzbar, ziemlich feuerbeständig, ohne Geruch, nicht ätzend, von angenehm aber stark saurem Geschmack, zieht begierig das Wasser an, ist darin leicht löslich und schwerer als dieses; in 100 Theilen sind enthalten 44,44 Phosphor, 55,56 Sauerstoff. Die Phosphorsäure findet sich in ziemlich vielen Pflanzen, an Basen gebunden, und soll selbst in freiem Zustande vorkommen, wie in der Fruchthülle der Roßkastanie, in den Wollkrautblumen, in der gemeinen Zwiebel, in der Wurzel der Gichtrose und im Mutterkorn. — Die Salpetersäure, welche nur in ihrer Verbindung mit Wasser darzustellen ist, bildet in diesem Zustande eine farblose Flüssigkeit, von schwachem, unangenehmem Geruch und sehr saurem Geschmack, wirkt sehr ätzend und zerstörend auf organische Stoffe, die sie zum Theil gelb färbt, und ist im concentrirten Zustande $1\frac{1}{2}$ mal schwerer als Wasser; 100 Theile bestehen aus 25,9 Stickstoff und 74,1 Sauerstoff. Sie findet sich nicht sehr häufig und niemals frei im Pflanzenreiche.

Die unorganischen Wasserstoffsäuren sind: Die Salzsäure, sie erscheint im reinen Zustand als farbloses Gas, von stechendem, erstickendem Geruch, ist nicht brennbar, taugt nicht zur Unterhaltung des Verbrennens oder zum Athmen, raucht an feuchter Luft und ist $1\frac{1}{4}$ mal so schwer als Luft; enthält in 100 Thl. 97,25 Chlor, 2,75 Wasserstoff. Sie findet sich an Basen gebunden in sehr vielen Pflanzen. — Die Hydriodsäure ist auch gasförmig und in ihren Eigenschaften der Salzsäure ähnlich, aber

$4\frac{1}{3}$ mal so schwer als Luft und in 100 Thl. aus 99,2 Jod und 0,8 Wasserstoff zusammengesezt; sie ist mit Kali und Natron verbunden in vielen Meeralgen enthalten. — Die Hydrobromsäure gleicht den beiden vorhergehenden in ihren Eigenschaften, ist $2\frac{2}{3}$ mal so schwer als Luft und 100 Theile bestehen aus 98,74 Brom und 1,26 Wasserstoff; sie kommt wie die vorige in vielen Seegewächsen vor. — Die Blausäure oder Hydrocyansäure ist tropfbar flüssig, wasserhell, leicht an der Luft verdunstend, besizt einen starken, zum Husten reizenden Geruch nach bittern Mandeln und einen anfangs kühlenden, dann stechend scharfen, bitterlichen Geschmack, wirkt schon in sehr kleiner Menge als schnell tödtendes Gift, ist leichter als Wasser und enthält in 100 Theilen 51,85 Stickstoff, 44,45 Kohlenstoff und 3,70 Wasserstoff *). Die Blausäure kommt vorzüglich in den Gattungen Prunus und Amygdalus Linn. vor, wo sie mit flüchtigem Oele verbunden in den Samenkernen, bei manchen Arten auch in den Blüthen, Blättern und der Rinde enthalten ist.

3. Von den unorganischen Salzbasen.

§. 124.

Auch in den unorganischen Salzbasen ist die alkalisirbare Grundlage entweder mit Sauerstoff oder mit Wasserstoff verbunden, so daß diese beiden Stoffe, welche bei den Säuren die säurenden Principe darstellten, hier als die alkalisirenden auftreten. Die Eintheilung der Salzbasen in Alkalien, Erden und Metalloxyde ist schon oben angegeben worden. Nur unter den Alkalien kommt eine Verbindung des Wasserstoffs mit einem nichtmetallischen Grundstoffe vor; alle übrigen unorganischen Salzbasen sind Verbindungen metallischer Grundstoffe mit Sauerstoff.

Zu den Alkalien gehören: Das Ammoniak oder flüchtige Alkali, welches ein farbloses Gas von stechendem,

---

*) Diese Säure scheint zwar wegen ihrer 3 Grundstoffe, besonders aber wegen ihres Vorkommens blos in den organischen Körpern, nicht hierher zu gehören; sie wird aber in den chemischen Schriften den unorganischen Säuren zugezählt, weil man ihr Radikal (das Cyam), aus Kohlenstoff und Stickstoff bestehend, als binäre Verbindung betrachtet, womit der Wasserstoff erst zur Blausäure sich vereinigt.

urindsem, in großer Menge erstickendem Geruch und scharf alkalischem Geschmack ist und erst bei einer Kälte von — 42° R. in eine tropfbare Flüssigkeit übergeht. Das gasförmige Ammoniak ist wenig brennbar und taugt weder zur Unterhaltung des Verbrennens anderer Körper noch zum Athmen; es ist fast um die Hälfte leichter als die Luft, 1570mal leichter als Wasser und besteht in 100 Theilen aus 82,35 Thl. Stickstoff und 17,65 Thl. Wasserstoff. Das Ammoniak kommt immer mit Säuren verbunden vor, wird jedoch weniger häufig in den Pflanzen angetroffen als die übrigen Alkalien; es findet sich unter andern als salzsaures Ammoniak in dem Isop, Gartensalat, Wegerich und in den Lindenblüthen, als kohlensaures und essigsaures Ammoniak in dem stinkenden Gänsefuß (Chenopodium olidum). In vielen Pflanzen scheint es erst bei der Fäulniß oder bei der Destillation erzeugt zu werden, seltner schon im lebenden Zustande vorgebildet zu seyn, wie bei dem genannten Gänsefuß, von welchem das kohlensaure Ammoniak sogar in die Luft ausgehaucht wird. — Das Kali erscheint als eine feste, spröde Masse, von grauer Farbe, besitzt keinen Geruch, aber einen sehr ätzenden Geschmack und wirkt in Verbindung mit Wasser am zerstörendsten auf thierische Substanzen, schmilzt erst über der Rothglühhitze, verdampft nur in einer noch höhern Temperatur, ist $1\frac{1}{3}$mal so schwer als Wasser und enthält in 100 Thl. 83,05 Kalium und 16,95 Sauerstoff. Es findet sich in sehr vielen Pflanzen, mit Kohlensäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure und verschiedenen organischen Säuren verbunden. — Das Natron kommt in seinen Eigenschaften sehr mit dem Kali überein, ist aber weniger ätzend, dabei doppelt so schwer als Wasser und besteht in 100 Thl. aus 74,4 Natrium und 25,6 Sauerstoff. Es ist in Verbindung mit Säuren, als schwefelsaures, hydriodsaures, hydrobromsaures, salzsaures, salpetersaures und pflanzensaures Natron, vorzüglich in den See- und Strandpflanzen, weniger in den Pflanzen des Binnenlandes enthalten. — Der Kalk bildet eine weiße, weiche, leicht zerreibliche Masse, ohne Geruch, aber von brennend alkalischem Geschmack; er ist einer der strengflüssigsten Körper, der auch bei der stärksten Hitze nicht verdampft, am wenigsten ätzend unter allen Alkalien, $2\frac{1}{3}$mal so schwer als Wasser und in 100 Thl. aus

74,93 Calcium und 28,07 Sauerstoff zusammengesetzt. Der Kalk ist unter den Alkalien das am weitesten verbreitete, kommt als einfach- und saurer kohlensaurer, phosphorsaurer, schwefelsaurer und pflanzensaurer Kalk im Gewächsreich vor und dürfte, vielleicht mit Ausnahme mancher Pilze, kaum in einer Pflanze ganz fehlen.

Die in den Pflanzen vorkommenden Erden sind: Die Bittererde oder Magnesie, im reinen Zustande ein zartes, sehr lockeres, weißes, geruch- und geschmackloses Pulver darstellend, welches bei den heftigsten Feuergraden nur oberflächlich zum Schmelzen zu bringen, $2\frac{1}{3}$ mal so schwer als Wasser und in 100 Thl. aus 60 Magnium und 40 Sauerstoff zusammengesezt ist. Sie findet sich zwar weniger häufig als der Kalk, wird aber doch mit verschiedenen Säuren verbunden, z. B. als phosphorsaure in den Getreidesamen, als pflanzensaure Bittererde im Flußschaftthalm, in Seegewächsen und in vielen andern Pflanzen angetroffen. — Die Alaun- oder Thonerde, welche natürlich fast rein im Sapphyr, Rubin und Demantspath vorkommt und dann nach dem Diamant der härteste Körper ist, künstlich dargestellt aber ein weißes, geruch- und geschmackloses, zusammenhängendes Pulver oder eine zusammengebackene Masse darstellt, welche am Stahl Funken giebt, 4 mal so schwer als Wasser und in 100 Thl. aus 52,94 Alumium und 47,06 Sauerstoff gebildet ist. Sie ist mit Säuren verbunden in ziemlich vielen Pflanzen enthalten, z. B. als wein- und essigsaure Alaunerde in dem flachästigen Bärlapp, in den Blättern des Hanfs, des Gerberstrauchs, in der Frucht des Buchweizens, als phosphorsaure in der Rinde des gemeinen Kreuzdorns (Rhamnus Frangula) u. s. w. — Die Kieselerde bildet künstlich dargestellt ein weißes, rauh anzufühlendes, geruch- und geschmackloses Pulver, welches in starker Hitze zu einer klaren, glasähnlichen Masse schmilzt, auch in der Natur krystallisirt im Quarz, Bergkrystall, Feuerstein u. s. w. vorkommt und überhaupt nach dem Sauerstoff in größter Menge auf dem Festlande vorhanden, über $2\frac{1}{2}$ mal so schwer als Wasser ist und in 100 Thl. aus 49,7 Silicium und 50,3 Sauerstoff besteht. In dem Pflanzenreiche findet sie sich in geringerer Menge als die andern Erden, doch enthalten manche Pflanzen auch einen bedeutenden An-

theil davon, wie die Gräser und Schafthalme, wo sie vorzüglich in der Oberhaut enthalten ist; eben so bei Calamus Rotang, dessen Oberhaut dadurch eine ungemeine Härte erlangt. Nach dem Verbrennen der Schafthalme bildet die Kieselerde oft über die Hälfte der Asche. Außerdem findet sie sich noch in geringerer Menge in den reifen Erbsen, in der harten Fruchthülle des gebräuchlichen Steinsamens (Lithospermum officinale), in den Erdäpfeln (von Helianthus tuberosus), in den Blättern des Tabacks, Hanfs u. a. m.

Die Metalloxyde oder vielmehr Oxydule kommen in den Pflanzen immer nur in sehr geringen Mengen und, wie es scheint, meist mit Phosphorsäure, seltner mit einer Pflanzensäure verbunden vor. So hat man phosphorsaures Mangan- und Eisenoxydul in vielen Flechten, im grünen Gemüsekohl, im Waid, im Eiskraut, im gefleckten Schierling, im Boretsch, in den Gurken, in der Curcumäwurzel, im Ingwer und Blauholz, und nebst Kupferoxydul im Sternanis und in den Stephanskörnern (von Delphinium Staphisagria oder D. officinale Wender.) angetroffen; sie sind aber außerdem noch in vielen andern nachgewiesen worden, und namentlich Kupferoxyd soll in der Asche der meisten Pflanzen enthalten seyn.

II. Von den organischen Verbindungen in den Pflanzen.

1. Von den organischen Säuren.

§. 125.

Die organischen Säuren, welche in den Pflanzen schon gebildet vorkommen, enthalten alle Sauerstoff, der mit Kohlenstoff und Wasserstoff, in mannigfach wechselnden Verhältnissen, ternäre Verbindungen bildet *). Da diese stickstofffreien Säuren vorzugsweise dem Pflanzenreich angehören, so werden sie auch vege-

*) Nur in wenigen, wie in der Asparagsäure und Indigsäure, die aber vielmehr als Kunstprodukte anzusehen sind, kommt auch Stickstoff dazu und es entstehen quaternäre Verbindungen, wie solche besonders im Thierreiche angetroffen werden; daher man dieselben auch als animalische oder thierische Säuren unterscheidet.

tabilische oder Pflanzensäuren genannt. Sie sind meistens krystallisirbar, specifisch schwerer als Wasser, in der Hitze schmelzbar und verdampfend, wobei sie häufig theilweis oder ganz zersezt werden. Sie kommen von dem stärksten sauren Geschmack bis zum Geschmacklosen vor. Die Zahl der Pflanzensäuren ist ziemlich groß und vermehrt sich fortwährend durch die chemischen Analysen bisher nicht untersuchter Pflanzen. Einige sind mehr allgemein verbreitet, während andere nur einzelnen Familien, Gattungen oder Arten zukommen. Nur die erstern können hier etwas näher betrachtet werden, bei den übrigen müssen wir uns mit der namentlichen Angabe begnügen. Zu den häufiger vorkommenden Pflanzensäuren gehören die Essigsäure, Kleesäure, Aepfelsäure, Citronensäure, Weinsäure, Gallussäure, Gerbesäure und Benzoësäure.

Die Essigsäure ist noch nicht im wasserfreien Zustande dargestellt, und erscheint daher als farblose Flüssigkeit, wenig schwerer als Wasser, von einem durchdringend sauren Geruch und Geschmack, raucht schwach an der Luft und zieht leicht Wasser an; möglichst entwässert krystallisirt sie bei 0^0 bis $+ 12^0$ R. in Blättchen und Spießen, und verflüchtigt sich ohne Zersetzung in der Hitze. Sie findet sich theils frei, theils mit Kali und Kalk verbunden im Safte der meisten Pflanzen, besonders der Bäume. — Die Kleesäure (Sauerkleesäure oder Oxalsäure) kommt im reinen Zustande krystallisirt vor, verwittert aber an der Luft und zerfällt zu einem weißen Pulver, welches keinen Geruch, aber unter allen Pflanzensäuren den sauersten Geschmack hat, $1\frac{1}{2}$mal so schwer als Wasser und in größern Gaben (von 1 bis 2 Lothen) ein tödtliches Gift ist. Sie findet sich in sehr vielen Pflanzen, aber selten frei, wie in den Haardrüsen der gemeinen Kichererbse (Cicer arietinum), sondern meist an Basen gebunden, z. B. an Kali in Sauerklee- und Ampfer-Arten, an Kalk in den Wurzeln der Rhabarber, Tormentill, des Seifenkrautes u. a., in vielen Rinden, namentlich auch in den meisten Krustenflechten. Selbst in dem Humboldtit *), einem Mineral, welches in Braunkohle vorkommt und offenbar vegetabilischen Ursprungs ist, kommt die Kleesäure mit Eisenoxydul verbunden vor.

*) Blum, Lehrb. der Oryktognosie, S. 436.

Die Aepfelsäure krystallisirt im reinen Zustande schwierig in kugelförmig vereinigten kleinen Krystallen, welche schon bei gelinder Wärme schmelzen, keinen Geruch und einen sehr sauern Geschmack besitzen. Sie ist nebst der Essigsäure und Kleesäure am weitesten im Pflanzenreiche verbreitet und findet sich theils frei, theils an Basen gebunden, nicht blos in Früchten, wie der Pyrus-, Prunus-, Hollunder- und Heidelbeer-Arten, sondern auch in den übrigen Theilen verschiedener Pflanzen, von der Wurzel bis zum Samen, und ist selbst in Pollen gefunden worden bei der Rothtanne und Kiefer, der Dattelpalme und Gartentulpe. — Die Citronensäure kommt in wasserhellen, kurzen Säulen krystallisirt vor, welche in gelinder Wärme zu einem weißen Pulver verwittern, geruchlos und sehr sauer schmeckend und über $1\frac{1}{2}$mal so schwer als Wasser sind. Sie kommt ziemlich frei vor in den Citronen und Pomeranzen, in den Früchten der Traubenkirsche, der Preisel- und Moosbeere (Vaccinium Vitis idaea, V. Oxycoccos), der Hundsrose und des Bittersüßes (Solanum Dulcamara), mit Aepfelsäure gemischt in den Heidelbeeren, Krausbeeren, rothen Johannisbeeren, Erdbeeren, Himbeeren und Sauerkirschen, mit Aepfel- und Weinsäure in den Tamarinden, an Basen (Kali und Kalk) gebunden im Wolfseisenhut (Aconitum Lycoctonum), im spanischen Pfeffer, in den Erdäpfeln (von Helianthus tuberosus), in der gemeinen Zwiebel, in der Haselwurz und dem Waid. — Die Weinsäure oder Weinsteinsäure krystallisirt ebenfalls in wasserhellen Säulen, ohne Geruch und von stark saurem Geschmack, welche sich an der Luft ohne starke Erhitzung nicht verändern, und sie ist etwas schwerer als die vorige. Sie wird in ziemlich vielen Pflanzen angetroffen, seltner frei, wie in den Weintrauben, den Tamarinden, der Ananas und dem Pfeffer, häufiger an Basen gebunden *). — Die Gallussäure erscheint in feinen, weißen, seidenglänzenden Nadeln krystallisirt, besizt keinen Geruch, einen Anfangs schwach sauern, dann herb zusammenziehenden Geschmack und ist

---

*) Von der Weinsäure wurde in neuerer Zeit die Traubensäure unterschieden, welche dieser in ihrer chemischen Zusammensetzung gleich ist, aber einen saurern Geschmack besizt und an trockner Luft zu weißem Pulver verwittert. Sie wurde bis jezt nur im Traubensafte gefunden und aus dem Weinstein dargestellt.

luftbeständig. Sie kommt in sehr vielen Pflanzen, wahrscheinlich in den meisten adstringirenden Pflanzentheilen vor, so namentlich in den Galläpfeln, in der Rinde der Eiche und vieler andern Bäume, in den Blätttern des Gerberstrauchs (Coriaria myrtifolia), in den Blüthen des Bergwohlverleihs (Arnica montana) ꝛc. — Die Gerbesäure (oder der Gerbstoff) ist in ihrem reinen Zustande eine feste, unkrystallisirbare, leicht zerreibliche Masse, farblos oder blaßgelb, ohne Geruch, von einem stark zusammenziehenden, weder sauern noch bittern Geschmack und luftbeständig. Sie ist noch hauptsächlich dadurch ausgezeichnet, daß sie sich mit dem thierischen Leim zu einer elastisch-zähen Masse (Ledersubstanz) verbindet, worauf die Anwendung der Gerbstoff enthaltenden Substanzen zum Gerben des Leders beruht. Die reine Gerbesäure bildet mit Eisenoxydsalzen einen blauschwarzen Niederschlag; im unreinen Zustande schlägt sie aber diese Salze bald mit blauschwarzer, bald mit grüner, bald mit dunkelgrauer, ins Braune ziehender Farbe nieder; daher hat man einen eisenblaufällenden, einen eisengrünenden und einen eisengraufällenden Gerbstoff angenommen, welche auch einen etwas abweichenden Geschmack zeigen; doch scheinen diese Unterschiede nur von der Beimischung einer andern Säure herzurühren und keine verschiedene Arten der Gerbesäure selbst zu begründen. Die Gerbesäure wird in sehr vielen Pflanzen, am häufigsten in perennirenden angetroffen und findet sich in allen Pflanzentheilen, von der Wurzel bis in die Frucht- und Samenhülle. Sie ist z. B. enthalten in den Wurzeln der Tormentill und des Natterknöterichs (Polygonum Bistorta), im Stamm, besonders in der Rinde und in den Blättern des Gerbersumachs (Rhus Coriaria) und unserer Eichenarten, in den Blüthen des Granatbaums (Punica Granatum) und der Zuckerrose (Rosa gallica), in den Früchten ebenfalls des Granatbaums und des Schlehendorns (Prunus spinosa), und in der Samenhülle der Traubenkerne. — Die Benzoëesäure bildet weiße, durchscheinende, perlmutterglänzende, biegsame, luftbeständige Nadeln und Blättchen, ist bei gewöhnlicher Temperatur geruchlos, aber erwärmt entwickelt sie einen angenehmen, aromatischen Geruch, schmeckt anfangs schwach stechend süßlich, aber ein anhaltendes Brennen im Schlunde zurücklassend. Sie ist nicht blos im Benzoëharze (von

Benzoin officinale), sondern noch in vielen andern wohlriechenden Balsamen und flüchtigen Oelen anzutreffen, in welchen sie jedoch nicht immer ursprünglich vorhanden, sondern zum Theil erst später erzeugt zu seyn scheint. Mehrere starkriechende Pflanzen, wie die Steinklee-Arten (Melilotus), das Ruchgras (Anthoxanthum odoratum), das nördliche Darrgras (Hierochloa borealis), wahrscheinlich auch die Bockshornklee-Arten (Trigonella), dann die Vanille u. a. m. enthalten ebenfalls Benzoësäure.

Wenn wir die eben genannten Säuren nach ihren Grundstoffen vergleichen, so reihen sie sich in Bezug auf ihren Sauerstoffgehalt folgenderweise aneinander:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Kleesäure . . .	26,66	2,22	71,11
Weinsäure . . .	36,36	3,03	60,61
Citronensäure . . .	41,38	3,45	55,17
Aepfelsäure . . .	40,68	5,08	54,24
Essigsäure . . .	47,06	5,88	47,06
Gerbesäure . . .	50,70	4,23	45,07
Gallussäure . . .	57,14	4,76	38,10
Benzoësäure . . .	75,00	5,00	20,00

und wir sehen, wie die nämlichen Grundstoffe in ihren veränderten Mischungsverhältnissen diese verschiedenen Säuren bilden und wie ferner in ihrer Mischung mit dem abnehmenden Verhältniß des Sauerstoffs das des Kohlenstoffs zunimmt, mit Ausnahme der Aepfelsäure, in welcher auch der Kohlenstoffgehalt geringer ist als in der ihr verwandten Citronensäure.

Die übrigen Säuren, welche noch aus den Pflanzen dargestellt wurden, sind weniger allgemein verbreitet; manche waren auch nicht ursprünglich in den Pflanzen vorhanden und sind bloße Kunstprodukte; von mehreren ist ihre eigenthümliche Natur noch nicht gehörig erwiesen und sie bleiben daher noch mehr oder weniger zweifelhaft. Zu den Säuren, deren Eigenthümlichkeit außer Zweifel gesezt ist, und welche als solche schon in den Pflanzen vorgebildet zu seyn scheinen, gehören noch: die Chinasäure in den verschiedenen Chinarinden; die Tanningensäure in den genannten Rinden, so wie im Katechu und Kino des Handels; die Mohnsäure, Mekon- oder Opiumsäure im Opium und im Milchsafte reifer Mohnköpfe; die Caincasäure in den Wurzeln der Schneeberr-Arten (Chiococca racemosa, Ch. densifolia, Ch. anguifuga); die Ratanhia- oder Kramersäure in der Wurzel der dreimännigen Krameria (Krameria triandra); die Bolet- oder Schwammsäure im unächten Feuerlöcherpilz (Boletus pseudoigniarius); die Sabadillsäure in den Sabadillsamen (von Veratrum officinale und V. Sabadilla); die Krotonsäure in den Samen des Purgirkrotons (Croton Tiglium); die Ricinsäure in den Samen des gemeinen Wunderbaums (Ricinus com-

munis); die Equisetsäure in den verschiedenen Schafthalmarten (Equisetum); die Erdrauch- oder Fumarsäure im gemeinen Erdrauch (Fumaria officinalis); die Flechtensäure in der isländischen Flechte (Cetraria islandica); die Roccellsäure in der färbenden Klippflechte (Roccella tinctoria).

Von den organischen Säuren, welche eigentlich dem Thierreich angehören, sind auch in Pflanzen gefunden worden: die Talg- und Margarinsäure, die Oelsäure in den Kokkelskörnern (von Menispermum Cocculus), und die Delphinsäure in den reifen Früchten des gemeinen Schneeballs (Viburnum Opulus).

Zweifelhafte Pflanzensäuren sind: die Lactucasäure in dem Giftlattich (Lactuca virosa); die Tanacetsäure in den Blüthen des gemeinen Rainfarn (Tanacetum vulgare); die Anemonsäure in der gemeinen Küchenschwelle und Waldanemone (Anemone Pulsatilla, A. nemorosa); die Coniinsäure im gefleckten Schierling (Conium maculatum); die Coccognins äure in den Früchten von Seidelbast-Arten (Daphne Gnidium, D. Mezereum); die Grünsäure in den Stengeln und Blättern der Dipsaceen und Korbblüthigen; die Chinovasäure in dem Cortax Chinae novae des Handels; die Maulbeerholzsäure in dem Stamme des weißen Maulbeerbaums (Morus alba); ferner die Pilzsäure in verschiedenen Pilzen, die Igasursäure in den Samen und Wurzeln mehrerer Brechnußbäume (Strychnos Nux vomica, Str. Ignatii, Str. colubrina), die Solansäure in allen Nachtschatten-Arten, besonders in den Beeren des schwarzen Nachtschattens (Solanum nigrum), die Menispermsäure in den Kokkelskörnern, die Ahornsäure in dem Feldahorn (Acer campestre), die Stocklacksäure, im Stocklack gefunden, welche 6 leztern, nebst der in den Stengeln der gemeinen Kermesbeere (Phytolacca decandra) gefundenen und von Braconnot unterschiedenen Säure, der Aepfelsäure ähnlich und vielleicht nur unreine Aepfelsäure sind. Eben so scheint die Kaffee-Gerbestoffsäure mit der Gallussäure identisch zu seyn.

Als künstlich durch die chemische Behandlung erzeugte, nicht aber in den lebenden Pflanzen schon vorhandene Säuren sind, außer der weiter oben genannten Asparagsäure aus den Spargeln, und der Indigsäure aus dem Indig, noch folgende zu betrachten: die Schleimsäure aus verschiedenen Gummiarten (durch Einwirkung der Salpetersäure); die Gallertsäure oder pectische Säure aus der Pflanzengallerte (durch Einwirkung von Alkalien); die Elaidinsäure aus Baumöl (durch Verseifung — Sayonifikation — desselben); die Ricin-Talgsäure oder Margaritinsäure, ferner die Elaid- oder Elaiodinsäure und die Palminsäure aus dem Ricinusöl (durch ähnliches Verfahren); die Kokostalgsäure aus dem festen Oel der Kokosnüsse; die Wachssäure (aus Wachsseife, mit verdünnter Schwefelsäure behandelt); die Kamphersäure aus dem Kampher, die Korksäure aus der Korkrinde (beide durch Behandlung mit Salpetersäure);

die Pininsäure (Colophon), Colopholsäure, Silvinsäure und die mit der leztern wohl identische Tannensäure und Fichtensäure aus dem Harze der Pinus-Arten (vorzüglich durch längere Einwirkung der Hitze)*); die farbige Zuckersäure oder sogenannte künstliche Aepfelsäure aus dem Zucker (durch schwache Einwirkung der Salpetersäure); die aromatische Kaffeesäure aus den rohen Kaffeebohnen (durch chem. Zersetzung der wässerigen Abkochung); wahrscheinlich auch die Baldriansäure aus dem gebräuchlichen Baldrian (Valeriana officinalis).

Endlich sind hier noch die Bernsteinsäure und Honigsteinsäure, als in zwei fossilen Pflanzenprodukten (dem Bernstein und Honigstein) enthalten, zu erwähnen.

2. Von den indifferenten organischen Stoffen.

a. Von den schleimigen Stoffen.

§. 126.

Zu den schleimigen Pflanzenstoffen zählen wir nicht blos das Gummi, sondern auch das Bassorin und die Pflanzengallerte.

Das Gummi bildet eine farblose, oft (von fremden Beimischungen) gelbliche oder bräunliche, durchsichtige oder durchscheinende Masse, ohne Geruch und von fadem, zuweilen schwach süßlichem Geschmack, ist nicht krystallisirbar, im trocknen Zustande spröde, ziemlich glänzend, von muscheligem Bruch und nicht ohne Zerstörung schmelzbar. Das reine Gummi ist leichtlöslich in kaltem Wasser und bildet damit eine zähe, klebende Flüssigkeit. Das in den Pflanzen im flüssigen Zustande enthaltene Gummi wird Schleim genannt. In diesem Zustande ist das Gummi in den meisten, wo nicht in allen Pflanzen, und wahrscheinlich in allen weichern Theilen derselben enthalten. Bei manchen wird es in besonders großer Menge angetroffen, wie bei Malvaceen, Liliaceen, Orchideen und vielen Borragineen; bei andern fließt es häufig an der Oberfläche aus und vertrocknet dann an der Luft, wohin, als das reinste, das arabische und Senegal-Gummi gehört, welches mehrere Acacien-Arten (Acacia arabica, A. vera, A. Senegal, A. tortilis, A. Sejal, A. Ehrenbergii u.

---

*) Diese aus dem Fichtenharze ausgeschiedenen Säuren können auch als saure Harze (siehe §. 137) betrachtet werden.

a. m.) — aus der Familie der Hülsenpflanzen (Leguminosen) — ausschwitzen. Doch enthält auch dieses Gummi noch gegen 16 Procent Wasser und gegen 3 Procent Salze; von beiden möglichst befreit, wo dasselbe völlig farb- und geschmacklos erscheint, hat man es Arabin genannt, und dieses besteht in 100 Thl. aus 43,81 Kohlenstoff, 6,20 Wasserstoff und 49,85 Sauerstoff.

Das Gummi, welches als ausgeschiedener Saft bei andern Pflanzen auftritt, ist auch immer mit andern Stoffen vermischt und besizt daher mehr oder weniger abweichende Eigenschaften. So enthält das aus der Rinde der Kirschen-, Pflaumen- und Mandelbäume, so wie aus der grünen Mandelschale ausfließende Gummi, außer dem reinen Gummi oder dem Arabin, noch eine weniger leicht lösliche, schleimige Substanz, welche erst durch anhaltendes Kochen mit Wasser in leichtlösliches Gummi umgewandelt wird und in neuerer Zeit als Cerasin unterschieden wurde, daneben aber noch verschiedene Salze. In dem von mehreren Tragant-Arten (Astragalus verus, A. gummifer u. A. creticus) ausgeschwizten Traganthgummi, in dem Bassoragummi (von einer Acacia oder einem Anacardium?), in dem aus Hindostan kommenden Kuteeragummi, in den Knollen der Orchis-Arten, im Schleim der Quittenkerne und in vielen andern schleimigen Stoffen ist neben dem Gummi das Bassorin oder der Traganthstoff enthalten.

Das Bassorin ist eine dem gemeinen Gummi im äußern Ansehen ähnliche Substanz, aber es ist nicht löslich im kalten Wasser, sondern quillt nur sehr stark in demselben auf, indem es das 50fache Gewicht davon aufnehmen kann und damit eine durchsichtige, schlüpfrige Gallerte bildet; auch in kochendem Wasser löst sich reines Bassorin nicht vollständig. Es unterscheidet sich vorzüglich noch von dem Gummi durch den geringern Kohlenstoff- und den größern Sauerstoffgehalt; es ist nämlich in 100 Thl. zusammengesezt aus 37,38 Kohlenstoff, 6,85 Wasserstoff und 55,87 Sauerstoff (nach Guerin).

Die Pflanzengallerte oder das Pectin*) erscheint

---

*) Gewöhnlich wird damit die Gallertsäure oder pectische Säure als gleichbedeutend genommen; diese ist aber nach Braconnot noch nicht in den Pflanzen gebildet vorhanden, sondern wird erst aus der Pflanzengallerte durch Einwirkung von Alkalien erzeugt.

im feuchten Zustande, wie dieselbe allein in den Pflanzen angetroffen wird, als eine farblose, durchsichtige, zitternde Masse, ist aber im trocknen Zustande fest, halbdurchsichtig, leimähnlich, besizt weder Geruch noch Geschmack, quillt im Wasser auf, wie Bassorin, und löst sich endlich in demselben zu einer dicklichen kleisterartigen Flüssigkeit. Die Pflanzengallerte ist an sich weder sauer noch basisch, und die Ursache, daß sie häufig als Säure angesehen wurde, mag wohl darin liegen, daß man sie oft mit Pflanzensäure vermischt erhält, wo sie dann sauer schmeckt und Lakmus röthet. Die Pflanzengallerte kommt, wie das Gummi, in den meisten, vielleicht in allen Pflanzen vor, sie läßt sich vorzüglich aus säuerlich-süßen Früchten, z. B. Himbeeren, Heidelbeeren, Stachelbeeren, Johannisbeeren, Citronen und Pomeranzen darstellen; da sie besonders auch zwischen dem Bast und Splinte der Bäume angetroffen wird, wo sich die neuen Holzlagen bilden und wo man sie in neuerer Zeit als Holzschleim unterscheiden wollte, so scheint dieselbe eine schon weiter organisirte Substanz als die übrigen schleimigen Stoffe zu seyn, und, auf ihrem Uebergange zur Bildung der organischen Bestandtheile begriffen, den Stoff darzustellen, welchen die Physiologen mit dem Namen Cambium belegen.

b. Von den stärkmehlartigen Stoffen.

§. 127.

Es wurde schon früher (S. 37) eine Beschreibung der Stärkmehlkörner gegeben, wie sich dieselben nämlich unter dem Mikroskope darstellen, wenn sie noch in der Zellenflüssigkeit enthalten sind *). Werden dieselben im Großen aus den damit er-

---

*) Es ist (a. a. O.) schon erwähnt, daß die Stärkmehlkörner unter dem Mikroskope das Ansehen von kleinen, wasserhellen Schläuchen haben und aus einer festen Hülle mit flüssigem Inhalte zu bestehen scheinen. Raspail hat zuerst die Gegenwart dieser Hülle nachgewiesen (Annales des sciences natur. 1825 und Journal des sciences d'observation Vol. II et III) und den flüssigen Inhalt, den er für ein leichtlösliches Gummi hält, (nach Biot u. Persoz) Dextrin genannt. Neuere Untersuchungen von Guibourt (S. Geiger's Magaz. f. Pharmac. Bd. 27, S. 136) haben Raspail's Angaben im Allgemeinen bestätigt, aber zugleich dargethan, daß dieser flüssige Theil von dem festen nicht chemisch verschieden sey. In kochendem

füllten Pflanzentheilen ausgeschieden, indem man diese, nachdem sie vorher zerrieben worden, mit Wasser ausspült, und dann die zu Boden sinkenden Körner von den andern mit herausgespülten Stoffen reinigt, so bilden sie nach dem Trocknen die verschiedenen Arten des Stärkmehls, welche verschiedene Namen erhalten haben und zum Theil in großer Menge in den Handel gebracht werden.

Das gewöhnliche Stärkmehl oder die Stärke, welche bei uns vorzüglich aus Kartoffeln und Getreide (namentlich Weizen) bereitet wird, bildet ein blendendweißes zartes Pulver, ohne Geruch und Geschmack, welches beim Drücken knirscht und meist in lose Massen vereinigt ist, die im kalten Wasser zerfallen und dasselbe milchig machen, ohne sich jedoch darin aufzulösen. Nur in kochendem Wasser löst sich die Stärke auf und bildet damit einen Kleister. Eben so wie die in den Zellen der Pflanze enthaltenen Körnchen, werden auch das befeuchtete Stärkmehl in Masse und der Kleister durch hinzugebrachtes Jod blau gefärbt. 100 Thl. Stärkmehl bestehen (nach der Berechnung von Berzelius) aus 43,52 Kohlenstoff, 6,74 Wasserstoff und 49,74 Sauerstoff. Mit dem Kartoffel- und Weizenstärkmehl, wovon das leztere aus feinern Körnchen besteht, stimmen der Sago, aus dem Stamme vieler Palmen, besonders der Sagopalmen (Sagus farinifera, S. Rumphii, S. Raphia), das Arrow-Root, aus den Knollen mehrerer Scitamineen (Maranta arundinacea, Curcuma angustifolia, C. leucorrhiza), die Tapiocca, aus den Wurzeln des Manihot (Janipha Manihot) bereitet, in chemischer Hinsicht überein, und die äußere Verschiedenheit dieser Stärkmehlarten rührt hauptsächlich von der Art ihrer Zubereitung, zum Theil auch von andern, aus den Pflanzen ihnen noch anhängenden Stoffen her.

Dagegen unterscheiden sich von dem gewöhnlichen Stärkmehl auffallend das Alant- und Flechtenstärkmehl. Das

---

Wasser oder stark verdünnter Schwefelsäure schwellen die Stärkmehlkörner an, platzen endlich und der flüssige Inhalt wird zuerst verändert, während die häutigen Hüllen länger der Einwirkung der angewendeten Flüssigkeit widerstehen, zulezt aber ebenfalls verschwinden und die gleiche Verwandlung erleiden.

Alantstärkmehl (Inulin, Helenin, Alantin u. s. w.) bildet im trocknen Zustand eine weiße, brüchige, aus durchsichtigen Körnern bestehende Masse, oder ein zartes weißes Pulver, ist ebenfalls geruch- und geschmacklos und klebt an den Zähnen. Der Hauptunterschied des Inulins besteht darin, daß es mit kochendem Wasser keine kleisterartige, sondern nur eine dünnflüssige Lösung giebt, aus welcher beim Erkalten das Inulin wieder in Pulverform niederfällt, und daß es von Jod nicht blau, sondern nur vorübergehend braun gefärbt wird. Es kommt in der Wurzel des Brust-Alants (Inula Helenium), der Georginen (Georgina variabilis), der Wegwarte (Cichorium Intybus), in den Erdäpfeln (Knollen von Helianthus tuberosus) vor, und scheint überhaupt in den Wurzeln und Knollen vieler Korbblüthigen enthalten zu seyn, wo es die Stelle des gewöhnlichen Stärkmehls vertritt *).

Das Flechtenstärkmehl (unrichtig auch Moosstärkmehl genannt) stellt im trocknen Zustand eine schwarze oder braunrothe, harte, spröde, auf dem Bruche glasige Masse dar, welche in kaltem Wasser zu einer weißen, durchscheinenden Gallerte anschwillt und sich in kochendem Wasser zu einer schleimigen Flüssigkeit löst, die beim Erkalten das Stärkmehl wieder in Gallertform ausscheidet. Auch das Flechtenstärkmehl wird durch Jod nicht blau, sondern grün oder grünbraun gefärbt. Es bildet den Haupt-

---

*) Da das Inulin immer durch Auskochen der Pflanzentheile dargestellt wird, so ist wohl anzunehmen, daß es in diesem Zustande nicht in der Pflanze enthalten war, sondern durch die Einwirkung des siedenden Wassers mehr oder weniger verändert seyn müsse. Die neuerlichst von Clamor Marquart unternommene Darstellung auf entgegengesetztem Wege, nämlich durch die Frostkälte (S. Geiger und Liebig Ann. der Pharmac. Bd. 10, S. 93—100) scheint wirklich zu beweisen, daß dieser Stoff ursprünglich, wie das gewöhnliche Stärkmehl, aus kleinen durchsichtigen Bläschen besteht, welche durch die Siedhitze im Wasser platzen, so daß das durch die gewöhnliche Verfahrungsweise erhaltene Inulin eine veränderte Substanz ist. Das unveränderte Alantstärkmehl nennt Clamor Marquart Synantherin, den flüssigen Inhalt der Synantherinkörner hat er aber, im Gegensatze zu dem Inhalt der gewöhnlichen Stärkmehlkörner oder dem Dextrin, Sinistrin genannt, weil die Auflösung des leztern in heißem Wasser die Polarisationsebene links, die Auflösung des erstern aber rechts dreht.

bestandtheil der isländischen Flechte (Cetraria islandica) und verursacht beim Kochen dieser Flechte die gallertartige Flüssigkeit; aber auch in andern Flechten mit laub- und strauchartigem Lager ist diese Stärkmehlart gefunden worden, wie in Seilflechten (Usnea barbata und deren Varietäten), Nabelflechten (Umbilicaria-Gyrophora-hyperborea, U. proboscidea), Bandflechten (Ramalina calycaris var. fraxinea et fastigiata), und ist wahrscheinlich noch in vielen andern Flechten enthalten *).

c. Von den zuckerartigen Stoffen.

§. 128.

Zu den zuckerartigen gehören im Allgemeinen solche indifferente Stoffe, welche einen mehr oder weniger rein süßen Geschmack besitzen. Unter den eigentlichen Zuckerarten unterscheidet man den gemeinen Zucker, den Krümelzucker und Schleimzucker, ferner den Mannazucker, von welchen wieder der Süßholzzucker in mancher Hinsicht abweicht.

Der gemeine Zucker bildet im reinen Zustande große, farblose Krystalle, von 1,6 spec. Gewicht, leuchtet im Finstern, wenn er gerieben oder geschlagen wird, und ist die süßeste Zuckerart, welche im wasserleeren Zustande (nach der Berechnung) in 100 Thl. 44,31 Kohlenstoff, 6,46 Wasserstoff und 49,23 Sauerstoff enthält. Er findet sich in den Säften vieler Pflanzen, wird aber nur von einer verhältnißmäßig geringen Anzahl von Pflanzen im Großen gewonnen, wornach er auch verschiedene Beinamen erhalten hat. So unterscheidet man den Rohrzucker aus den Halmen des gebräuchlichen Zuckerrohrs (Saccharum officinarum), deren Saft 0,14 bis 0,17 Zucker ausgibt, den Runkelrübenzucker aus dem Safte der Runkelrüben, welcher bis 0,7 davon enthält, den Ahornzucker, aus dem Holzsafte mehrerer

---

*) Auch das Flechtenstärkmehl, welches, wie das Inulin, durch Kochen mit Wasser bereitet wird, ist als ein Produkt dieser Behandlungsweise anzusehen und seine ursprünglich unveränderte Form noch nicht chemisch dargestellt. Vielleicht sind es die kleinen in der Markschichte zerstreuten und häufig auch über die Rindenschichte hervortretenden staubähnlichen, unter dem Mikroskope in dem Gewebe der Flechten deutlich unterscheidbaren Körnchen, welche das eigentliche Flechtenstärkmehl darstellen.

Ahornarten (namentlich von Acer saccharinum, A. Negundo, A. rubrum, A. dasycarpum) in Nordamerika bereitet; aber auch in dem Safte unserer einheimischen Arten (Acer campestre, A. tataricum, A. platanoides und A. Pseudoplatanus, im leztern nur zu $\frac{4}{5}$ Procent) enthalten. Eben so kommt der gemeine Zucker besonders noch in dem Holzsafte der Birke, des weißen Wallnußbaums (Iuglans alba) und vieler andern Bäume, in den Wurzeln des gemeinen Pastinaks, des zuckerhaltigen Wassermerks (Sium Sisarum), in den Melonen u. a. m. vor.

Der Krümelzucker krystallisirt in weißen, meist sehr kleinen, kugelförmig vereinigten Nadeln, ist weniger süß als der gemeine Zucker und in 100 Thl. aus 36,36 Kohlenstoff, 7,07 Wasserstoff und 56,57 Sauerstoff zusammengesezt. Er ist vorzüglich in den reifen Früchten vieler Pflanzen enthalten, namentlich in den Weintrauben (Traubenzucker), in den Johannisbeeren, Kirschen, Pflaumen, Aprikosen, Birnen, Feigen, Datteln und zahmen Kastanien; ferner in dem Honigsafte der meisten Blüthen und in dem von den Bienen daraus bereiteten Honig (Honigzucker), wo er jedoch mit Schleimzucker vermischt ist. Der Wachholderzucker, aus den Beeren des gemeinen Wachholders, und der Schwammzucker, aus verschiedenen Hutpilzen (der Gattungen Agaricus, Boletus, Hydnum, Merulius), dann aus Phallus impudicus, Helvella Mitra, Bulgaria (Ascobolus) inquinans und Elaphomyces officinalis dargestellt, reihen sich ebenfalls dem Krümelzucker an.

Der Schleimzucker ist ein farbloser oder bräunlicher süßer Saft, von der Konsistenz eines dünnen Honigs, unkrystallisirbar, im ausgetrockneten Zustande eine feste Masse von muscheligem Bruch darstellend, welche an der Luft wieder feucht wird. Er wird in Begleitung des gemeinen und Krümelzuckers in allen genannten zuckerhaltigen Pflanzen, so wie im Honig angetroffen und bildet sich aus den beiden andern Zuckerarten, wenn die wässerige Lösung derselben längere Zeit im Kochen erhalten wird (Syrup).

Der Mannazucker unterscheidet sich von den drei vorhergehenden besonders dadurch, daß er nicht wie diese, in geistige oder Weingährung übergehen kann. Er bildet sehr feine, weiße, seidenglänzende, verworrene oder büschelförmig vereinigte Nadeln,

von rein süßem Geschmack, und leuchtet beim Reiben im Finstern, wie der gemeine Zucker. Er steht in seiner Zusammensetzung dem leztern näher als der Krümelzucker, da er in 100 Thl. 40,13 Kohlenstoff, 7,37 Wasserstoff und 52,50 Sauerstoff enthält. Er macht den Hauptbestandtheil der Manna (aus Ornus europaea und mehreren Eschenarten im südlichen Europa fließend) aus, kommt aber auch in der gemeinen Zwiebel, in den Blättern und Wurzeln des Selleri (Apium graveolens), in der Rinde des Oelbaums und verschiedener Fichten, in dem unterirdischen Halm des Queckenweizens (Triticum repens — als Graswurzelzucker) u. s. w. vor.

Der Süßholzzucker oder das Glycyrrhizin ist eine gelbe durchscheinende, rissige, nicht krystallinische Masse, von einem stark süßen, schwach kratzenden Geschmack, und luftbeständig. Er ist besonders dadurch von allen beschriebenen Zuckerarten verschieden, daß er sowohl zu Säuren als zu Basen und mehreren Salzen eine große Verwandtschaft besizt. Der Süßholzzucker ist bis jezt rein nur aus der Süßholzwurzel (von Glycyrrhiza glabra u. Gl. echinata) dargestellt worden; ähnliche Stoffe sind jedoch in den Blättern der Paternostererbse (Abrus precatorius) und im Stock des gemeinen Tüpfelfarns oder Engelsüßes (Polypodium vulgare) gefunden worden.

Das Sarkokollin oder Fleischleimsüß aus dem Fleischleim (Sarcocolla), einer bassorinhaltigen Substanz (von Penaea mucronata und P. Sarcocolla), welches aus bräunlichen Körnern von reizend bitterlichsüßem Geschmack besteht, schließt sich ebenfalls hier an.

d. Von dem festen Pflanzengewebe.

§. 129.

Die Membranen der Zellen und die Fasern oder überhaupt die Wände der Gefäße, welche nach der Entfernung aller ausziehbaren Stoffe durch chemische Mittel (Wasser, Weingeist, Aether, wässerige Säuren und Alkalien, selbst Chlor) zurückbleiben, werden in der Chemie mit den Namen Pflanzenfaser, Faserstoff, Holzfaser, Holzstoff belegt und (wenig übereinstimmend mit dem phytotomischen Begriffe) als das Skelett der Pflanzen betrachtet. Die chemisch rein dargestellte Pflanzenfaser bildet eine feste, weiße, undurchsichtige, geruch- und geschmacklose Masse, welche durchschnittlich etwa $1\frac{1}{2}$mal so schwer als Wasser, außerdem aber nach den verschiedenen Pflanzen und

Pflanzentheilen, woraus sie erhalten worden, von abweichender Beschaffenheit ist. Sie erscheint theils innig vereinigt zu einer harten und dichten Masse, aus den Steinschalen der Steinfrüchte und den harten Samenschalen, so wie aus den härtern Hölzern (Eben-, Guajak-, Eichenholz ꝛc.); theils weniger innig zu einer spaltbaren Masse verbunden, aus den Stengeln und Halmen krautartiger Pflanzen und aus weichern Hölzern (Fichten-, Cedern-, Birkenholz ꝛc.); theils leicht in lange, biegsame und zähe Fasern trennbar (die gestreckten Zellen der Gefäßbündel, aus dem Hanf, Flachs, aus der faserigen Schale der Kokosnuß, oder die Spiralfaser der Gefäße selbst, aus dem Pisang ꝛc.); theils völlig in Fäden getrennt, ebenfalls sehr biegsam und zähe (in der Baumwolle und andern Samenwollen, so wie überhaupt in den Pflanzenhaaren). Eben so verschieden sind die Gewichtsverhältnisse der Grundstoffe in der Pflanzenfaser.

Sie enthält nämlich in 100 Theilen bei

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Eichenholz	52,53	5,69	41,78
Buchenholz	51,45	5,82	42,73
Weidenholz	42,60	6,38	51,02
Buchsbaumholz	42,70	6,37	50,95
Fichtenholz	45,75	6,68	47,57
Flachs	42,81	5,50	51,70
Baumwolle	42,11	5,06	52,83

Nach einer ungefähren Berechnung (von Gay-Lussac und Thénard) sind im Allgemeinen in 100 Theilen der Pflanzenfaser anzunehmen: Kohlenstoff 51,92, Wasserstoff 5,77, Sauerstoff 42,31.

Zu der Pflanzenfaser müssen, obgleich zum Theil in ihrem chemischen Verhalten abweichend, noch folgende Stoffe gezählt werden: Der Korkstoff, welcher sehr leicht, weich und elastisch, von zelliger (nicht faseriger) Textur, im reinen Zustande röthlichgrau ist und den Hauptbestandtheil der äußern Rinde der Korkeiche (des sogenannten Kork- oder Pantoffelholzes) ausmacht, wahrscheinlich aber auch in der äußern abgestorbenen Rinde der übrigen dikotyledonischen Bäume enthalten ist. Das Medullin oder der Markstoff, eine lockere, etwas elastische, weiße Substanz, ebenfalls von zelliger Textur, welche das chemisch reine Gewebe des Markes in den Aesten des Hollunders, im Stengel der großen Sonnenblume u. a. m. bildet. Das Fungin oder der Schwammstoff, eine faserige, im feuchten Zustande wenig elastische, fad schmeckende, weiße, oder fast ungefärbte, im trocknen Zustande lederartige, biegsame, schwarze Masse, welche das Zellgewebe der Pilze bildet, aber bisher wahrscheinlich immer mit Kleber vermengt dargestellt wurde und daher außer

den drei Grundstoffen der gewöhnlichen Pflanzenfaser noch einen Gehalt an Stickstoff zeigt. Das Pollenin, welches ein gelbes, leichtes, zartes, geruch- und geschmackloses, sehr brennbares Pulver darstellt; da dasselbe nach dem Ausziehen des Pollens, so wie der Sporen der Bärlappe (wahrscheinlich auch der übrigen kryptogamischen Gefäßpflanzen, der Moose und Lebermoose) mit Wasser, Weingeist und wässerigem Kali zurückbleibt, so wird es offenbar aus der zelligen Hülle dieser Theile gebildet und der Stickstoffgehalt mag wohl, wie bei dem Fungin, nur von einer Beimengung des Klebers herrühren.

Ueberhaupt scheint die Pflanzenfaser oft sehr schwer rein und ohne Beimischung anderer Stoffe sich darstellen zu lassen. Als Gemenge von Pflanzenfaser und Stärkmehl, welchen zum Theil auch Kleber beigemischt ist, sind noch mehrere Substanzen zu betrachten, die unter besondern Namen aufgeführt worden, wie das Hordëin oder Cevadin aus dem Gerstenmehl, die stärkmehlartige Faser aus den Knollen der Kartoffel und verschiedenen knolligen Wurzeln, und das sogenannte stärkmehlartige Geripp aus der isländischen Flechte.

Die Oberhaut der Pflanzen stimmt, da sie nur aus Zellenmembranen gebildet ist, mit dem Faserstoff im Allgemeinen überein; doch scheint die in der Oberhaut mancher Pflanzen, z. B. der Schafthalme, Gräser und Rotangpalmen (im spanischen Rohr) vorhandene Kieselerde nicht in den Höhlungen der Zellen abgelagert, sondern wirklich in die Bildung der Zellenmembran mit eingegangen zu seyn, da sie sonst nicht die harten, vorragenden Höckerchen bilden könnte, welche man bei den zuerst genannten Pflanzen, ein Ganzes mit der äußern Zellenwand ausmachend, erkennt.

Hier muß noch einer Substanz erwähnt werden, welche zwar nicht in den lebenden Pflanzen vorhanden ist, aber aus allen nach ihrem Absterben entstehen kann und den vorzüglichsten Nahrungsstoff für die Pflanzenwelt abgiebt. Wenn nämlich Pflanzenreste und überhaupt organische Verbindungen unter dem Zutritt von Luft und Feuchtigkeit verwesen, so bildet sich der Moder (auch Dammerde, Humus, Humussäure genannt), welcher aber auch durch Einwirkung starker, concentrirter Säuren und ätzender Alkalien auf viele organische Körper, ferner bei der trocknen Destillation und beim Verbrennen derselben, unter nicht hinreichendem Luftzutritt (in dem sich bildenden Ruß) erzeugt wird, wo er den Namen Ulmin oder Ulminsäure erhielt, und da er sich noch besonders aus dem Torf ausscheiden läßt, so nannte man ihn auch Torfmaterie oder Torfsubstanz. Im feuchten Zustande bildet der Moder eine schlüpfrige, dunkelbraune, dagegen trocken eine schwarze, glänzende, spröde Masse von muscheligem Bruch und ist für sich schwer löslich in kaltem Wasser; die Lösung schmeckt säuerlich zusammenziehend und röthet Lackmus; mit Alkalien, z. B. dem ebenfalls bei der Fäulniß (vorzüglich thierischer Substanzen) sich bildenden Ammoniak verbunden, wird der Moder viel löslicher, worauf sich besonders die nährende Eigenschaft des Düngers gründet. Uebrigens zeigt der Moder nach den verschiedenen

Substanzen, aus welchen derselbe erzeugt ist, auch eine mehr oder weniger verschiedene Beschaffenheit. Im Allgemeinen enthält derselbe eine größere Menge Kohlenstoff und weniger Sauerstoff als die bisher beschriebenen indifferenten Pflanzenstoffe; seine Zusammensetzung in 100 Thl. ist ungefähr folgende: 58,0 Kohlenstoff, 2,1 Wasserstoff und 39,9 Sauerstoff.

e. Von den stickstoffhaltigen, den thierischen Stoffen verwandten Substanzen.

§. 130.

Die hieher gehörigen nähern Bestandtheile der Pflanzen verhalten sich in mancher Hinsicht gewissen, dem thierischen Organismus eigenen Verbindungen ähnlich und sind daher auch oft als thierische oder thierisch-vegetabilische Stoffe aufgeführt worden. Man zählt zu denselben der Kleber, mit mehreren verwandten Substanzen (dem Gliadin und Legumin), den Gährungsstoff, das Emulsin, das Pilzosmazom und das Phytokoll.

Der Kleber oder Pflanzenleim bildet im feuchten Zustand eine weiße, durchscheinende, sehr zähe, elastische, stark klebende Masse; getrocknet erscheint derselbe weiß oder weißgrau, hart, von mattglänzendem, muscheligem Bruch; er ist geruch- und geschmacklos, unlöslich im Wasser und schwerer als dieses. Er kommt sehr häufig im Pflanzenreiche vor und findet sich oft in Gesellschaft des Stärkmehls, wie in den Samen der Gräser; er ist aber auch in vielen andern Samen, in vielen Früchten, in allen grünen und andern saftigen Pflanzentheilen, die grünes Satzmehl liefern, enthalten.

Das Mischungsverhältniß seiner Bestandtheile wird verschieden angegeben. Nach Marcet enthalten 100 Thl. Kleber: 55,7 Kohlenstoff, 7,8 Wasserstoff, 22 Sauerstoff und 14,5 Stickstoff; nach Zenneck dagegen 45,80 Kohlenstoff, 3,37 Wasserstoff, 30,33 Sauerstoff und 20,50 Stickstoff; außerdem enthält der Kleber noch Schwefel *). Wenn der Kleber durch Kneten des Teiges von Weizenmehl mit Wasser, so lange als dieses noch Stärkmehl aufnimmt, bereitet wird, so ist er unrein und enthält gewöhnlich Fett, Stärkmehl, Kleie, besonders aber einen Stoff beigemengt, der etwa $\frac{1}{4}$ vom Kleber ausmacht, durch heißen Alkohol ausgeschieden wird und den Namen Gliadin (Pflanzenleim von Ber-

*) Beide hier gegebenen Analysen scheinen unsicher und bedürfen, da sie so sehr von einander abweichen, einer genauen Prüfung.

zelius) führt. Dieser ist eine gelbe, wenig durchscheinende, im trocknen Zustande spröde Masse, nach Honigkuchen riechend und von süßlichem Geschmack. In den fleischigen Samen der Hülsenpflanzen wurde eine dem Kleber ähnliche Substanz entdeckt, welche Legumin (auch thierisch-vegetabilische Substanz der Hülsenfrüchte) genannt, von Einigen für identisch mit dem Kleber, von Andern mit dem Gliadin genommen wird. Was von dem Kleber nach Ausscheidung des Gliadins und Entfernung der übrigen, zufällig beigemengten Substanzen zurückbleibt, ist (nach L. Gmelin) erst der reine Kleber, der (von Taddei) den Namen Zymom erhielt. Es geht hieraus hervor, daß der aus dem Weizenmehl geschiedene Kleber, den man lange für rein gehalten, ein Gemenge aus zwei verschiedenen Verbindungen ist, die jedoch in ihrer Zusammensetzung einander sehr ähnlich sind *).

Flüssigkeiten, welche eine der früher beschriebenen Zuckerarten und dabei Kleber oder eine kleberartige Substanz enthalten, können unter günstigen Umständen in die geistige oder Weingährung übergehen, wobei sich der Kleber in eine Substanz verwandelt, die in jeder zuckerhaltigen Flüssigkeit eine ähnliche Gährung hervorbringen kann und daher Gährungsstoff oder Ferment genannt wird. Das Ferment, welches in 100 Thl. 50,5 Kohlenstoff, 4,5 Wasserstoff, 57,4 Sauerstoff und 7,6 Stickstoff enthält (worin sich also das Verhältniß des Kohlenstoffs und Sauerstoffs des Klebers gleichsam umgekehrt hat), ist demnach nicht in der lebenden Pflanze enthalten, sondern wird erst bei der Gährung erzeugt.

Emulsin (Pflanzeneiweiß, vegetabilischer Käsestoff, auch Amygdalin) **) wird eine Substanz genannt, welche in den meisten Pflanzensäften und in vielen trocknen Pflanzentheilen, namentlich in allen öligen Samen, welche mit Wasser zerstoßen eine Samenmilch (Emulsion) liefern,

---

*) Das in den Blättern und Blüthen der Ringelblume (Calendula officinalis) enthaltene Calendulin, welches eine weißgelbliche, geschmack- und geruchlose, in Wasser zu einer häutigen, elastisch-zähen, sehr klebenden Masse und dann zu einer Gallerte anschwellende Substanz darstellt und nach Geiger stickstoffhaltig ist, wird von diesem (Handb. d. Pharmac. Bd. 1. 4te Aufl. S. 1077) in die Nähe des Klebers gestellt, von L. Gmelin aber (Handb. d. theor. Chem. II. S. 778) unter den schleimigen Stoffen aufgeführt.

**) Dieses Amygdalin Döbereiner's ist nicht zu verwechseln mit dem von Robiquet und Bourtron-Charlard aus den bittern Mandeln dargestellten Amygdalin, einer krystallinischen, geruchlosen, anfangs süßlich, dann bitter (den bittern Mandeln ähnlich) schmeckenden, gleichfalls stickstoffhaltenden Substanz, von welcher es jedoch noch nicht ausgemacht ist, ob sie in der Pflanze wirklich schon gebildet vorhanden, oder nicht vielmehr ein Produkt der chemischen Behandlung sey.

so wie in den Milchsäften mehrerer Pflanzen (Carica Papaya, Jatropha Curcas, Galactodendron utile) enthalten und dadurch ausgezeichnet ist, daß sie durch die Siedhitze und durch die Beimischung einer Säure gerinnt und nach der Ausscheidung im feuchten Zustande bald in stinkende Fäulniß übergeht, wobei sie sich in eine käseähnliche Substanz verwandelt. Die trockne Destillation des Emulsins zeigt, daß dasselbe aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bestehe.

Manche Chemiker haben diese Materie für einerlei mit dem thierischen Eiweißstoff gehalten, andere haben sie für identisch mit dem Käsestoff in der Milch der Säugethiere, wieder andere für Kleber erklärt. Obgleich dieselbe eine gewisse Aehnlichkeit mit den genannten thierischen Stoffen zeigt, so erscheint sie doch hinlänglich davon verschieden und es ist der ihr (von L. Gmelin) beigelegte Name wohl am passendsten.

Das Pilzosmazom ist eine gelbweiße, nicht krystallinische Masse, von eigenthümlichem Geruch und eigenthümlichem widrigen und urinösen Geschmack, welche in Wasser und wässerigem Weingeist (aber nicht in Alkohol) löslich ist. Das bei der trocknen Destillation desselben sich entwickelnde kohlensaure Ammoniak beweist das Daseyn des Stickstoffes in seiner Mischung. Es ist bis jezt in mehreren Blätterpilzen (Agaricus campestris, A. muscarius, A. bulbosus, A. thejogalus) und in den Sporen des gebräuchl. Hirschpilzes (Elaphomyces officinalis) gefunden worden.

Es verhält sich dem Osmazom oder Fleischextract aus dem Muskelfleisch, dem Hirn, dem Blutwasser und andern thierischen Absonderungen ähnlich; ob es aber mit demselben identisch sey, ist noch zweifelhaft.

In die Nähe des Osmazoms wird (von L. Gmelin) das Pseudotoxin gestellt, welches in dem wässerigen Extracte des Belladonnakrautes (von Brandes) gefunden wurde, aber (nach Geiger) als Begleiter der meisten wässerigen Pflanzenextrakte und organischer Salzbasen vorkommen soll, jedoch, wie es scheint, noch nicht im reinen Zustande dargestellt, daher auch nach seinen wahren Eigenschaften noch nicht bekannt ist.

Das Phytokoll (Phyteumacolla), eine gelbliche oder braune, zum Theil elastisch-zähe oder klebrige Substanz, zuweilen mit einem Geruch nach thierischem Leim, von fadem oder etwas scharfem, auch pilzartigem und (von beigemischten Salzen) schwach salzigem Geschmack, leicht löslich in kaltem und heißem Wasser zu einer weder klebrigen noch gallertartigen Flüssigkeit, liefert bei der trocknen Destillation Ammoniak und ist also stickstoffhal-

tig. Es wurde in mehreren Blätterpilzen (Agaricus campestris, A. muscarius u. A. bulbosus), in der gelben Wandflechte (Parmelia parietina), in der Wurzelrinde der drüsigen Schattenblume (Ailanthus glandulosa), in der Kolumbowurzel (von Menispermum palmatum), in den Blättern der gemeinen Spritzgurke (Momordica Elaterium), in den Koloquinten, in dem spanischen Pfeffer gefunden, und scheint auch (nach L. Gmelin) in dem Leinsamenschleim enthalten zu seyn.

Ist wahrscheinlich früher mit dem Gummi verwechselt und erst in neuerer Zeit (von Vauquelin, Braconnot und Brandes) unterschieden worden.

f. Von den Farbstoffen.

§. 131.

Die nähern Bestandtheile der Pflanzen, welche wegen ihrer eigenthümlichen, intensiven Färbung Farbstoffe genannt werden, bilden eine ziemlich zahlreiche Klasse und weichen nicht blos in der Art ihrer Färbung, sondern auch in den Verhältnissen ihrer Mischungstheile und in den daraus hervorgehenden physischen und chemischen Eigenschaften untereinander ab. Man kann dieselben in stickstofffreie, nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende, und in stickstoffhaltige, außer den drei genannten Grundstoffen auch noch Stickstoff führende, eintheilen. Die stickstofffreien Farbstoffe sind die zahlreichsten. Manche derselben sind nicht blos in Weingeist, sondern auch in Wasser löslich, und lassen sich durch beide aus den Pflanzentheilen ausziehen; daher hat man sie extractive Farbstoffe genannt. Andere, welche im kalten Wasser wenig oder gar nicht löslich, dagegen leichtlöslich in Weingeist und Aether sind, und sich hierin den Harzen ähnlich verhalten, werden als harzige Farbstoffe unterschieden. Von den stickstoffhaltigen Farbstoffen findet sich im Pflanzenreiche nur einer vor, der (im gefärbten Zustande) weder in Wasser noch in Weingeist und Aether löslich ist *).

*) Es ist jedoch wohl zu bemerken, daß nicht alle aus den Pflanzen gewonnenen Farbstoffe als solche schon in denselben vorhanden waren, sondern daß dieselben häufig erst bei oder nach der chemischen Ausscheidung durch die Einwirkung der Luft, des Wassers u. s. w. ihre färbenden Eigenschaften erhalten.

§. 132.

Die stickstofffreien extractiven Farbstoffe zerfallen in gelben, rothen, blauen und braunen. Der gelbe kommt in sehr vielen Pflanzen vor.

Er findet sich unter andern in der Wurzel (und im Baste) des Sauerdorns, Berberitzengelb; in den Wurzeln der Rhabarber- und Ampfer-Arten, Rhabarbergelb oder Rhabarbarin und Ampfergelb oder Rumicin; in dem unterirdischen Stengel der Färberröthe, Krappgelb; in der Rinde der Färbereiche (Quercus tinctoria), Quercitrongelb; im Holze der Färber-Broussonetie (Broussonetia tinctoria), Gelbholzgelb, und des Perückensumachs (Rhus Cotinus), Bisetgelb; in Stengeln und Blättern der Wauresede (Reseda luteola), Waugelb, ferner des hanfartigen Strickkrautes (Datisca cannabina), des Färberginsters (Genista tinctoria), der Färberscharte (Serratula tinctoria), des Kammillen-Mutterkrautes (Matricaria Chamomilla), der kanadischen Goldruthe (Solidago canadensis), der Färberkamille (Anthemis tinctoria), der gemeinen Dotterblume (Caltha palustris), eben so im Lager vieler Flechten und in dem steifhaarigen Löcherpilz (Boletus — Polyporus — hirsutus); besonders auch in den gelben Blumen vieler Pflanzen, z. B. der gemeinen oder gelben Narcisse, der Kapuzinerkresse, des Safflors, der Nachtkerzen (Oenothera), der Ringelblumen (Calendula), Goldruthen, Sammetblumen (Tagetes) und anderer Korbblüthigen; in den Narben des Safrans, Safrangelb oder Polychroit; in den Früchten mehrerer Kassien (Sennesbälglein), in den Beeren des Färberkreuzdorns (Rhamnus infectorius); in den Samen des weißen Senfs und mehrerer Brechnuß-Arten (Strychnos Ignatii, Str. Nux vomica).

Der rothe extractive Farbstoff wird ebenfalls im Pflanzenreiche häufig angetroffen.

Er kommt vor in der Wurzel und dem Stengel der Rothrübe; in den unterirdischen Stengeln der Färberröthe, extractives Krapproth (Erythrodan, Alizarin); in den Stengeln und Blättern der rothen Spielart der Gartenmelde und mehrerer Ampferarten; in den Bracteen des Ackerwachtelweizens (Melampyrum arvense); im Fernambuckholz (von Caesalpinia echinata) und im Brasilienholz (von Caesalp. vesicaria, C. Sappan und C. Crista), Fernambuckroth; im Blauholz (von Haematoxylon campechianum), Blauholzroth, Hämatin oder Hämatoxylin; in den rothen Blumen, z. B. der Rosen, Gichtrosen, Nelken, des wilden Mohns (Klapperrosen), des Stockrosen-Eibisch (Aethaea rosea), der Fackeldisteln (Cactus), Siegwurz (Gladiolus), Georginen, Pelargonien u. a. m.; in den Früchten mehrerer Spielarten der Weintrauben (Traminer, rother Riesling), der rothen Johannisbeere, der gemeinen Vogelbeere (Pyrus aucuparia), in den rothen Kirschen u. s. w. Auch viele Flechten liefern einen Farbstoff, der aber in der Pflanze als kleine, weißliche Körnchen erscheint, für sich ausgezogen ein weißes

Pulver (Erythrin) darstellt und erst durch Einwirkung von Alkalien und der Luft in das Flechtenroth umgewandelt wird, welches wieder in Orseillen- und Lackmusroth unterschieden wird.

Der blaue extractive Farbstoff findet sich seltner ganz rein, und ist auch weit veränderlicher und schon durch Einwirkung des Lichtes und der Luft leicht zerstörbar; durch Säuren wird derselbe meist in rothen Farbstoff umgeändert. Es giebt viele Pflanzen, namentlich unter den Borragineen, deren Blumen anfangs roth sind und später blau werden (**Echium, Pulmonaria, Anchusa**).

Rein blau zeigen ihn die Blumen der Wegwarte, einiger Rittersporn-arten, Gentianen (Gentiana utriculosa, G. Pneumonanthe) und Glockenblumen; mit mehr oder weniger Roth gemischt (violetblau), die Blumen der Veilchen, des Ackelei, vieler Schwertlilien, die Blätter des Blaukohls, die Wurzelrinde mancher Rettige, die Heidelbeeren, Brombeeren, Maulbeeren, Hollunderbeeren, schwarzen Kirschen, Weintrauben und Johannisbeeren, wo aber der Farbstoff zum Theil nur in den Zellen der Oberhaut enthalten ist. Der blaue Farbstoff aus der Färber-Krozophore (Crozophora tinctoria *Juss.* Croton *Lin.*), in den blauen Schminkläppchen, ist erst durch Einwirkung eines Alkali unter Luftzutritt erzeugt. Eben so kann auch durch ein verändertes Verfahren das Lakmusroth in Lackmusblau verwandelt werden, während auf der andern Seite der blaue wie der rothe Farbstoff vieler Pflanzen durch Alkalien in Grün umgeändert wird. So wird aus dem violetblauen Safte der reifen Kreuzbeeren (von Rhamnus carthaticus) das als Malerfarbe benuzte Saftgrün bereitet, indem man den eingedickten Saft mit Alaun und Pottasche (oder mit Alaun und kohlensaurer Bittererde oder Aetzkalk) versezt.

Der braune extractive Farbstoff scheint sehr selten rein in den lebenden Pflanzen enthalten zu seyn, wie dann auch die braunen Blüthen, z. B. des schwarzen Schotenklees (Lotus jacobaeus), des schwarzen Germers (Veratrum nigrum), der Stapelien und mehrerer Ragwurz-Arten (Ophrys) zu den seltensten gehören, und deren Farbstoff als ein Gemisch des rothen mit anderem Farbstoffe zu betrachten ist.

Wenn dagegen die verschiedenen extractiven Farbstoffe in ihrer wässerigen oder weingeistigen Lösung aufbewahrt werden, so nehmen sie häufig mit der Zeit eine bräunliche Färbung an, wobei sie aber zugleich ihre frühere Eigenschaft, durch Säuren und Alkalien verändert zu werden, verlieren. Eben so sieht man bei abgestorbenen Pflanzentheilen (Stengeln, Blättern, Blüthen und Früchten) überhaupt eine braune Färbung eintreten, die sich aber nicht als Farbstoff ausziehen und darstellen läßt, sondern dem ganzen Pflanzengewebe angehört. Die braunen Wurzeln,

Rinden und Samenschalen sind eben so durch ein Gemisch von rothem, gelbem und andern Farbstoffen gefärbt, oder, was wohl noch häufiger der Fall ist, sie verdanken ihre braune Farbe dem abgestorbenen Zellgewebe ihrer Oberfläche. Es ist hier vielleicht schon eine größere oder geringere Hinneigung zur Moderbildung, die immer mit einer braunen Farbe verein ist, eingetreten. In sehr vielen Fällen sieht man die verschiedenen gefärbten oder selbst farblosen Pflanzensäfte an der Luft schneller oder langsamer eine braune Farbe annehmen, z. B. den weißen Saft des Gartenmohns, den gelben des Schöllkrautes, den ungefärbten der grünen Leiffe der Wallnuß; eben so entsteht sehr bald eine braune Färbung, wenn überhaupt wässerige oder weingeistige Pflanzenauszüge (Extracte) beim Zutritt der Luft stark erhizt werden, wobei immer ein brauner Stoff abgelagert wird, der aber nicht immer in Wasser und Weingeist löslich ist. In allen diesen Fällen ist aber der braune Farbstoff als solcher nicht ursprünglich in der Pflanze vorhanden.

§. 133.

Unter den stickstofffreien harzigen Farbstoffen hat man bis jezt den grünen, gelben und rothen unterschieden. Der grüne harzige Farbstoff (das harzige Blattgrün, Chlorophyll oder grüne Farbmehl) ist schon (§. 16) als das färbende Prinzip der grünen Pflanzentheile, vorzüglich der Blätter, nach seinen auffallendsten Merkmalen beschrieben worden. Dieser am weitesten im Pflanzenreiche verbreitete Farbstoff ist, wie es scheint, in seinem völlig reinen Zustande noch nicht dargestellt worden; wie man ihn aus den mit Wasser möglichst von ihren ausziehbaren Stoffen befreiten grünen Pflanzentheilen, oder aus dem grünen, in den ausgepreßten grünen Pflanzensäften sich ablagernden Satzmehl, durch das Ausziehen mit Alkohol oder Aether und die Wiederentfernung dieser Lösungsmittel vermittelst Abdampfen oder Destillation, erhält, stellt derselbe eine dunkelgrüne, geruch- und geschmacklose, bald feste harzige, bald pulverige, bald weiche, mehr fettige Masse dar, welche sich, wie früher angegeben, gegen die verschiedenen Lösungsmittel verhält. Die mikroskopische Untersuchung läßt erkennen, daß die grünen, noch in den Pflanzenzellen eingeschlossenen Farbmehlkörner, wie die Stärkmehlkörner, aus einer häutigen, dem Anschein nach farblosen, Hülle, und einem weichen, hier aber grünen, Inhalt bestehen. Das Mischungsverhältniß der Grundstoffe dieser Substanz ist bis jezt noch unerforscht.

Daß dieses aber sehr dem Wechsel unterworfen seyn müsse, beweist die Veränderung des grünen Farbstoffes in Gelb, Orange-Roth, und in seltenen Fällen sogar in Blau und Violet, bei dem herbstlichen Farbenwechsel der Blätter unserer meisten Laubhölzer, wohin auch die gelbe, rothe, blaue und violette Färbung der Früchte gehört, da der Eierstock ursprünglich fast immer grün gefärbt ist*). Manche (wie Macaire-Princep) haben diese Veränderung des Blattgrüns in Gelb und Roth für die Folge bald einer Zunahme des Sauerstoffs (einer Oxydation), bald einer Zufügung von Säure erklären wollen. Die Annahme, daß eine Säure der Grund des Farbenwechsels der Blätter sey, haben Leopold Gmelin und Pelletier durch die Beobachtung widerlegt, daß das Blattgrün verschiedener Pflanzen durch Zusatz einer Säure nicht gelb oder roth gefärbt wird. Eben so führt Pieper**) gegen die Behauptung, daß eine Anhäufung von Säure oder Sauerstoff im Herbste den Farbenwechsel verursache, außer der erwähnten Beobachtung noch die Erfahrung an, daß die Blätter mancher Pflanzen, z. B. des schwarzen Hollunders und der Rainweide, im Herbste eine blaue oder violette Färbung annehmen, daß ferner alle von ihm untersuchten grünen Blätter im Frühling und Sommer sauer reagiren, während die jungen rothen Blätter des Weißdorns auf Lackmuspapier bei weitem so sauer nicht reagiren, als wenn sie nach der völligen Entfaltung grün geworden sind. Wenn auch zuweilen die gelbe, orange und rothe Farbe in verschiedenen Pflanzentheilen mit einer vorwaltenden Säurung verbunden auftreten, so soll dieses nicht aus einem blos chemischen Prozesse, sondern aus den Lebensbedingungen der Pflanze zugleich hervorgehen, da nur, so lange der Theil noch lebt, dieser Farbenwechsel erfolgt, nach seinem völligen Absterben aber aufhört, worauf die Farbe aller todten Pflanzentheile, (Braun oder Schwarz) eintritt. Indessen ist es doch offenbar, daß die erwähnten Farben der Blätter im Herbste, so wie der Früchte und vielleicht noch anderer Pflanzentheile, aus der Veränderung des grünen Farbstoffes hervorgehen; die wahre Ursache dieses Farbenwechsels wird aber erst dann nachgewiesen werden können, wenn wir einmal die genaue Elementar-Analyse des Blattgrüns besitzen und mit den ebenfalls noch mangelnden Analysen der aus ihm abzuleitenden Farbstoffe vergleichen können.

Der gelbe harzige Farbstoff (auch gelbes Farbharz genannt) scheint weniger häufig im Pflanzenreiche vorzukommen als der gelbe extractive Farbstoff, wenn wir die Fälle

---

*) Wegen dieser Veränderlichkeit des grünen Farbstoffes wurde er von De Candolle nicht unpassend Farbmehl (Chromule) genannt, wo dann das grüne, gelbe, orange und rothe Farbmehl unterschieden werden können.

**) Ph. A. Pieper, das wechselnde Farben-Verhältniß in den verschiedenen Lebensperioden des Blattes. 1834. S. 139 ff.

ausnehmen, wo er sich in Blättern und Früchten offenbar als eine Umänderung aus dem grünen Farbstoffe darstellt.

Er ist unter andern dargestellt worden aus der Wurzel der Schlangen-Osterluzei (Aristolochia Serpentaria); aus den Wurzeln der Möhre (Daucus Carota), Carotin; aus den Stockknollen der langen Kurkume (Curcuma longa), harziges Kurkumagelb, Kurkumin; aus dem gummiharzigen Safte der Guttabäume (Garcinia Cambogia, G. Morella u. a.), borziges Gummiguttgelb; aus den Blüthenhüllblättern der gelben Narcisse, wo er neben dem gelben extractiven Farbstoffe vorhanden ist; ferner aus den Blumen der gelbblühenden Wollkräuter (Verbascum) und der scharlachrothen Lichtnelke (Lychnis chalcedonica); aus den reifen Hagebutten; aus dem Orlean (dem Fruchtbrei des Orleanbaums — Bixa Orellana), harziges Orleangelb, Orellin; aus verschiedenen Flechten (Parmelia parietina u. a.).

Der rothe harzige Farbstoff, welcher ebenfalls zum Theil aus dem veränderten Blattgrün hervorzugehen scheint, ist außerdem nur aus wenigen Pflanzen bis jezt ausgeschieden worden.

Er wurde dargestellt aus der Wurzel der färbenden Alkanne (Alkanna tinctoria); aus dem unterirdischen Stengel der Färberröthe, harziges Krapproth, neben dem extractiven Krapproth vorkommend; aus dem Stock des ächten Drachenbaums (Dracaena Draco) und mehrerer Rotangpalmen (Calamus Draco, C. Rotang, C. rudentum, C. verus), Drachenblut, im reinsten Zustande Drakonin; aus dem rothen Sandelholz (von Santalum myrtifolium, S. Freycinetianum und Pterocarpus santalinus), Sandelroth oder Santalin; aus der Samenhülle des spanischen Pfeffers (von Capsicum annuum); aus den blühenden Gipfeln des durchbohrten Johanniskrautes (Hypericum perforatum); aus den Blüthen des Safflors (Carthamus tinctorius), Safflorroth, Karthamin, neben gelbem extractivem Farbstoff *).

Nur von einigen dieser rothen Farbstoffe sind bis jezt die Analysen bekannt. Es enthalten in 100 Theilen:

---

*) Das Chicaroth, aus den rothgewordenen Blättern von Bignonia Chica in Südamerika bereitet, ist offenbar der in Roth umgewandelte grüne harzige Farbstoff der Blätter. — Aus den Algen und Flechten von brauner Farbe ist der Farbstoff noch nicht dargestellt worden. Wenn man von den grünen, rothen und gelben Farbstoffen dieser Pflanzen, welche sich durch Weingeist ausziehen lassen, auf den braunen Farbstoff derselben schließen darf, so würde dieser ebenfalls den harzigen Farbstoffen beizuzählen seyn.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Alkannaroth . . .	71,18	6,82	21,99
Sandelroth . . .	75,03	6,57	18,60

Daraus geht hervor, daß beide in ihrer Zusammensetzung sehr nahe mit den eigentlichen Harzen übereinkommen.

§. 134.

Von stickstoffhaltigen Farbstoffen ist nur einer in chemischer Hinsicht bekannt und dargestellt, nämlich der Indig, welcher aber in den Pflanzen selbst im ungefärbten Zustande, als Indigstoff oder Indigweiß, enthalten ist, und erst, nachdem er aus den Pflanzen ausgezogen und der Einwirkung der Luft ausgesezt worden, durch die Verbindung mit dem Sauerstoff derselben eine blaue Farbe annimmt. Der blaue Indig enthält in 100 Thl. 71,71 Kohlenstoff, 2,66 Wasserstoff, 12,18 Sauerstoff und 13,43 Stickstoff.

Sowohl das Indigblau, als auch die durch chemische Behandlung aus diesem hervorgehenden Farbstoffe (das Phönicin oder der Indigpurpur, das Indiggrün, Indiggelb, Indigroth und Indigbraun) sind also nur als Kunstprodukte zu betrachten. Der Indigstoff ist bereits in mehreren Pflanzen aus verschiedenen Familien, jedoch nur unter den Dikotyledoneen gefunden worden, wo derselbe in den Blättern und andern grünen Theilen, mit dem grünen Satzmehl vereinigt, enthalten ist. Dahin gehören aus der Familie der Leguminosen: die eigentlichen Indigpflanzen (Indigofera tinctoria, I. Anil, I. argentea, I. caerulea, I. disperma, I. pseudotinctoria, I. hirsuta), die färbende Aschenwicke (Tephrosia tinctoria) und die strauchige Amorphe (Amorpha fruticosa); aus der Familie der Cruciferen: der gemeine und portugiesische Waid (Isatis tinctoria und I. lusitanica); aus der Familie der Apocyneen: die färbende Wrightie (Wrightia tinctoria); aus der Familie der Asclepiadeen: Pergularia tinctoria und Gymnema tingens); aus der Familie der Polygoneen: der färbende und chinesische Knöterich (Polygonum tinctorium, P. chinense); endlich mehrere noch nicht näher bestimmten Pflanzen *).

§. 135.

Ueber den Stoff, welcher die schwarze Farbe bei den Pflanzen bedingt, ist man noch sehr in Ungewißheit. Die schwar-

*) Ein dem Indig ähnlicher Farbstoff soll das Pittakall seyn, ein in den Produkten der trocknen Destillation des Holzes entdeckter, fester, dunkelblauer Stoff, der aber keinen Stickstoff enthält.

zen Flecken in den Blumenblättern der Bufbohne (Vicia Faba) und des dreifarbigen Kranichschnabels (Pelargonium tricolor) werden durch Wasser und Weingeist nicht verändert; der leztere färbt sich nur gelblich, und von dem schwarzen Stoffe löst sich nichts auf. Die Schwärze des Ebenholzes wird (nach Dutrochet) durch Kochen desselben in Salpetersäure ausgezogen, wobei das Holz sich entfärbt und die Säure eine gesättigte schwarze Färbung annimmt. Bei den Pilzen kommt die schwarze Farbe vorzüglich häufig vor; aber auch bei den Flechten ist sie, namentlich auf der untern Fläche des Lagers (z. B. bei Nabelflechten — Umbilicaria), in den Früchten (bei den genannten, so wie bei Biatora-, Lecidea- und Verrucaria-Arten) und in dem oft wie verkohlt erscheinenden Scheibenboden, nicht selten. Bei vielen dieser schwarzgefärbten Kryptogamen weiß man zwar, daß der schwarze Stoff ebenfalls weder durch Wasser noch durch Weingeist ausziehbar ist; ob aber die schwarze Färbung bei Flechten von einem veränderten Farbmehl herrührt (wie G. F. W. Meyer glaubt), ob sie bei Pilzen von einer sehr kohlenstoffreichen Materie abhängt (wie De Candolle vermuthet), darüber weiß man bis jezt nichts Gewisses. — Manche Pilze haben das Eigene, daß sie an den Stellen, wo sie verlezt werden, sehr schnell ihre Farbe verändern, z. B. blau anlaufen, wie der bläuende Löcherpilz (Boletus cyanescens); auch über den Stoff, welcher dieser Farbenänderung zu Grund liegt, ist nichts bekannt, wiewohl man weiß, daß dieselbe in der atmosphärischen Luft, in dem oxydirten Stickgas und im freien Sauerstoffgas, aber nicht im kohlensauren, im Stick- und Wasserstoffgas erfolgt.

Einen weißen Farbstoff scheint es eigentlich nicht zu geben, wenigstens läßt sich ein solcher aus den rein weißen Pflanzentheilen nicht darstellen. In diesen ist vielmehr gar kein färbender Stoff vorhanden, daher das ungefärbte Zellgewebe, welches immer, in größern Massen gesehen, weiß erscheint, die Ursache dieser Farbe ist. Die weiße Farbe der Pflanzentheile, z. B. der Blüthen ist aber fast nie ganz rein, sondern gewöhnlich durch einen leichten Anflug von Gelb, Roth, Blau oder Grün getrübt. Daher färben auch die meisten weißen Blüthen den weingeistigen Aufguß schwach gelblich, worin dann die Säuren und Alkalien ähnliche, nur weit schwächere Veränderungen hervor-

bringen, wie in den gesättigten Lösungen der verschiedenen extractiven Farbstoffe.

g. Von den Pflanzenfetten.

§. 136.

Unter dem gemeinschaftlichen Namen der Fette versteht man Substanzen, welche im reinen Zustande keinen Geruch und keinen oder nur einen milden Geschmack besitzen, sich schmierig (oder fettig) anfühlen, auf Papier einen bleibenden, durchscheinenden Flecken bilden, leichter als Wasser, völlig unlöslich in diesem, so wie in wässerigem Weingeist und nicht flüchtig sind, sondern in der Hitze zersezt werden. Die Fette kommen von sehr verschiedener Konsistenz vor; sind entweder bei gewöhnlicher Temperatur dünnflüssig: fette Oele; oder fest, aber dabei doch noch weich: Butter und Talgarten. Alle natürlich vorkommenden Fette bestehen in der Regel aus zwei besondern Stoffen, einem flüssigen, dem Oelfett (Olëin oder Elain) und einem festen, dem Talgfett (Stearin) oder statt dessen — namentlich in den Pflanzen — aus dem Margarinfett. Je nachdem das erstere oder eines der beiden leztern in dem Gemische vorherrscht, entsteht die mehr dünnflüssige oder feste Konsistenz der Fette. Mit den festen Fetten kommt das Wachs in seinen meisten Eigenschaften überein, ist aber in seiner Zusammensetzung dadurch verschieden, daß dasselbe aus zwei festen Stoffen, dem Cerin und Myricin besteht, welche sich außer ihrer verschiedenen Schmelzbarkeit und Auflöslichkeit im heißen Alkohol, auch in dem Mischungsverhältniß ihrer Elemente unterscheiden. Wie die Fette aus den Pflanzen erhalten werden, sind dieselben nie ganz rein, sondern mehr oder weniger mit andern Substanzen (schleimiger Materie, Kleber, Eiweißstoff, flüchtigem Oel, Farbstoff ꝛc.) vermengt, wodurch ihr Geruch und Geschmack, so wie ihre übrigen Eigenschaften verändert werden.

Die Fette kommen häufig im Pflanzenreiche vor und sind vorzüglich im Samenkern (im Eiweiß seltener als in den Samenlappen), doch auch in andern Pflanzentheilen, z. B. in den Fruchthüllen, in den Knollen bei der Erdmandel (Cyperus esculentus) enthalten, ferner als Wachs im Pollen, in manchem Satzmehl, als Ueberzug der Blätter, der Früchte und des Stammes auftretend.

Unter den fetten Oelen werden die trocknenden und schmierig bleibenden Oele unterschieden. Zu den ersteren gehören: das Leinöl, Hanföl, Mohnöl, Wallnußöl, Traubenkernöl, Leindotteröl (von Camelina sativa), das Oel aus den Samen der großen Sonnenblume, der Kürbisarten, der Fichten, des Wunderbaums u. s. w. Schmierig bleibende Oele sind: das Bauмöl (aus dem Fruchtfleische des Oelbaums), Mandelöl, Rebs- oder Rübsenöl, Bucheckernöl, Haselnußöl, das Oel aus den Pflaumenkernen, dem Oelrettig, Senfsamen, der Erdmandel, dem Gerstenmehl, dem gemeinen Faltenpilz (Helvella Mitra u. a. m.). — Butter- und Talgarten sind: die Muskatbutter aus den Muskatnüssen, das Lorbeeröl aus den Samen des gemeinen Lorbeers, die Kakaobutter aus den Kakaobohnen, die Palmbutter aus den Samen und Früchten mehrerer Palmen, die Galambutter aus den Samen der Bassia-Arten, der vegetabilische oder Pineytalg aus den Früchten der Vateria indica.

Zu den Wachsarten gehören: außer dem gewöhnlichen oder Bienenwachs, welches durch die Bienen aus dem von ihnen gesammelten Pollen vieler Pflanzen bereitet wird, das Myricawachs (unrichtig auch Myrtenwachs genannt) aus den Früchten des wachsgebenden Gagels (Myrica cerifera), das japanische oder Baumwachs aus den Früchten des japanischen Sumachs (Rhus succedanea), das Cubawachs von einer noch unbekannten Pflanze aus Cuba. Außerdem ist das Wachs noch nachgewiesen worden in dem staubigen Ueberzug des Gartenmohns, der Blätter der Kohlarten (Brassica), der Pflaumen, Weintrauben, Feigen, Citronen und Pomeranzen u. a. m.; im grünen Satzmehl des scharfen Sedums (Sedum acre), des Kohls und der Gerstenhalme; in den Blättern und Knospen der Schwarzpappel; im Milchsafte der Riesen-Schwalbenwurz (Asclepias gigantea *Lin.* Calotropis procera *R. Brown*) und des Kuhbaums (Galactodendron utile *Kunth.*); im Stock der wachsgebenden Schirmpalme (Corypha cerifera); in der Alantwurzel (von Inula Helenium); in den Beeren des weißen Mistels und in den Wachholderbeeren *).

---

*) Ob das Hatchettin oder sogenannte mineralische Fettwachs (Blum, Handb. d. Oryktogn. S. 441), eine fossile, talgähnliche Substanz, welche in einem Eisenstein in Süd-Wales gefunden wird, aus dem Thier- oder Pflanzenreich abstamme, ist zweifelhaft. Dasselbe gilt von dem Ozokerit oder Bergwachs, einem neuen, in bituminösem Sandstein in der Moldau gefundenen Fossil, welches aus 85,75 Kohlenstoff und 15,15 Wasserstoff besteht, keinen Sauerstoff enthält, und wegen des Mangels an Stickstoff doch eher einen vegetabilischen Ursprung zu verrathen scheint.

Zur Vergleichung folgt hier noch die Angabe der Zusammensetzung einiger Fette. Es enthalten in 100 Theilen:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Leinöl	76,01	11,35	12,63
Wallnußöl . . .	79,77	10,57	9,12
Ricinusöl . . .	74,18	11,03	14,79
Baumöl . . .	77,21	13,56	9,42
Mandelöl . . .	77,40	11,48	10,83
Vegetabilischer Talg von			
Vateria indica . .	77,00	12,30	10,70
Gebleichtes Bienenwachs	81,78	12,67	5,54

Das Wachs unterscheidet sich also von den fetten Oelen durch einen größeren Gehalt an Kohlenstoff und einen geringeren Gehalt an Sauerstoff.

Die Verhältnisse des in den Fetten enthaltenen Oelfetts und Talgfetts wechseln ebenfalls. Es enthalten in 100 Theilen:

	Oelfett.	Talgfett.
Mandelöl	76	46
Baumöl	72	28
Rebsöl	54	46
Palmbutter	69	31

Im Bienenwachs finden sich etwa 0,90 Cerin und 0,10 Myricin.

Die Zusammensetzung dieser nähern Bestandtheile der Fette ist in 100 Theilen:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Oelfett	79,03	11,42	9,55
Talgfett	78,77	11,77	9,45
Cerin	78,86	13,48	7,64
Myricin	80,32	13,84	5,82

wobei mit der Abnahme des Sauerstoffs immer eine festere Konsistenz verknüpft ist.

h. Von den flüchtigen Oelen.

§. 137.

Die flüchtigen (wesentlichen oder ätherischen) Oele sind bei gewöhnlicher Temperatur tropfbarflüssig, bald farblos durchsichtig, bald gefärbt, besitzen einen durchdringenden, bald angenehmen, bald widerlichen Geruch, und einen sehr verschiedenen, jedoch immer sehr deutlich ausgesprochenen, meist gewürzhaften, erwärmenden bis brennenden Geschmack. Sie sind sehr entzündlich und werden in der Hitze, ohne Zerlegung verflüchtigt; viele verflüchten sich schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft; daher verschwinden die Flecken eines reinen, auf Papier getröpfelten flüchtigen Oels gänzlich an der Luft, besonders beim

Erwärmen. Die meisten sind in Weingeist sehr leicht löslich, und werden auch in sehr kleinen Mengen vom Wasser gelöst; daher nimmt das, über die flüchtiges Oel enthaltenden Pflanzentheile destillirte Wasser mehr oder weniger den ausgezeichneten Geschmack oder Geruch des Oels an. Manche sind leichter, andere (die geringere Anzahl) schwerer als Wasser; daher die Eintheilung in leichte und schwere flüchtige Oele. Die flüchtigen Oele bestehen, wie die fetten, aus zwei verschiedenen Theilen, aus einem flüssigen, dem Eläopten (Hygrusin) oder dem flüchtigen Oel im engern Sinne, und aus einem festen, dem Stearopten (Stereusin oder Kamphoroid). Das leztere scheidet sich aus den reinen flüchtigen Oelen, wenn sie längere Zeit ruhig stehen, von selbst aus, und bildet Krystalle von meist leicht bestimmbarer Form. Von manchen flüchtigen Oelen ist nur das Stearopten bekannt, und diese erscheinen daher auch, nach ihrer Ausscheidung aus der Pflanze, immer fest.

Die flüchtigen Oele kommen im Pflanzenreiche in sehr großer Menge vor und sind in fast allen Pflanzentheilen enthalten, in der Wurzel, im Stamm (in Holz und Rinde), in den Blättern (sowohl in der Mittelschichte, als in der Oberhaut und in deren Nebentheilen, den Haaren und Drüsen), eben so in allen übrigen blattartigen Theilen, von dem Kelche bis in den Keim.

Aus der großen Menge der flüchtigen Oele wollen wir nur folgende nach der oben gegebenen Eintheilung als Beispiele nennen. Die schweren flüchtigen Oele enthalten alle Sauerstoff. Dahin gehören: das Zimmtöl, aus der Rinde der Zimmtbäume (Persea Cinnamomum, P. Cassia u. a. m.); das Sassafrasöl, aus der Wurzel des Sassafrasbaums (Persea Sassafras); das Nelkenöl, aus den Gewürznelken (den Blüthenknöpfen von Caryophyllus aromaticus); das Safranöl, aus den Narben des zahmen Safrans; das Bittermandelöl, aus den bittern Mandeln (welches aber immer mit Blausäure gemischt erhalten wird, von der es jedoch befreit werden kann), und die diesem ähnlichen, aus den Samenkernen, den Blättern und der Rinde anderer Amygdaleen erhaltenen Oele, wie das Pfirsichkern- und Pfirsichblätteröl, das Kirschlorbeeröl und das Oel aus der Rinde der Traubenkirsche (Prunus Padus); ferner die scharfen Oele der Kreuzblüthigen, z. B. aus den Samen des weißen und schwarzen Senfs, aus dem Kraute der Löffelkresse, aus der Wurzel (dem unterirdischen Stamm) des Meerrettigs, welche, so wie das Knoblauchöl (aus dem Kraute des

Knoblauchs) und das Zwiebelöl (aus den Schalen der Gartenzwiebel) auch Schwefel enthalten.

Die leichten flüchtigen Oele enthalten nicht alle in ihrem reinen Zustande Sauerstoff, sondern manchen fehlt derselbe. Zu den sauerstoffhaltigen gehören: das Rosenöl, aus den Blumenblättern der Centifolien-Rose; das Rosmarinöl, aus den Blättern des Rosmarins; das Kubebenöl, aus den Früchten des Kubebenpfeffers (Piper Cubeba); das Lavendelöl, aus den Blättern und Blüthen des schmalblättrigen Lavendels; das Pfeffermünzöl, aus den Blättern und Gipfeln der Pfeffermünze; das Muskatnuß- und Muskatblüthöl, aus dem Samenkern und der Samendecke des Muskatnußbaums; das Anisöl, Fenchelöl, Petersilienöl, aus den Früchten der Anispimpernelle, des gemeinen Fenchels und der Petersilie; das Kamillen- und Schafgarbenöl, aus den Blüthen des Kamillen-Mutterkrautes und der gemeinen oder Schafgarbe (beide durch ihre dunkelblaue Farbe ausgezeichnet, doch das leztere zuweilen auch dunkelgrün). — Zu den sauerstofffreien flüchtigen Oelen gehören: das Terpenthinöl, aus dem Stamme verschiedener Fichtenarten; das Citronenöl, aus der Fruchthülle der Citronen; das flüchtige Oel der Pomeranzenschalen und Pomeranzenblüthen u. m. a.

Auch das Erdöl oder Steinöl*), welches wahrscheinlich durch Zersetzung von Steinkohlenlagern in der Hitze gebildet und also vegetabilischen Ursprungs ist, muß hier erwähnt werden.

Nur im festen Zustande bekannte flüchtige Oele (Stearoptene oder Kamphoroide) sind: der gewöhnliche oder Laurineen-Kampher, welcher in allen Theilen verschiedener Bäume aus der Familie der Laurineen (Persea Camphora, P. Cinnamomum, Dryobalanops Camphora) vorkommt; der Tonkokampher (Coumarin), aus den Tonkobohnen (von Dipterix odorata); der Alantkampher, aus der Wurzel des Brustalants (Inula Helenium); der Tabackskampher (Nicotian oder Nicotianin), aus den Blättern mehrerer Tabackarten (Nicotiana Tabacum, N. macrophylla, N. rustica); der Haselwurzkampher (Asar oder Asarin), aus den Stengeln und Blättern der europ. Haselwurz (Asarum europaeum); der Anemonen- oder Pulsatillenkampher (Anemon oder Anemonin), aus den Blättern der violetten und Wiesenanemone (Anemone Pulsatilla, A. pratensis); der Birkenkampher, in der äußern, weißen Rindenschichte der Birke. Fast aus allen flüssigen flüchtigen Oelen hat man aber ebenfalls das Stearopten ausgeschieden, und kennt man z. B. einen Terpenthinkampher, Rosenkampher, Pfeffermünzkampher, Fenchelkampher u. s. w. Auch ist der fossile Braunkohlenkampher (Scheererit oder

*) Blum, Lehrb. der Dyktognosie S. 442.

Bergtalg)*), welcher in einigen Braunkohlenlagern vorkommt, und als ein verändertes flüchtiges Oel der in diesen Lagern verschütteten Pflanzen zu betrachten ist, hier zu erwähnen.

Es folgt hier noch die Zusammensetzung einiger flüchtigen Oele nach ihren Grundstoffen. In 100 Theilen enthalten:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
1. Schwere flüchtige Oele.			
Bittermandelöl . . .	79,56	5,56	14,88
Zimmtöl (aus Zimmtkassie) .	76,70	9,70	13,60
Zimmtöl (aus Zeylon. Zimmt)	78,10	10,90	11,00
2. Leichte flüchtige Oele.			
a. sauerstoffhaltige.			
Rosenöl	82,05	13,12	3,95
Kulebenöl	81,65	11,66	6,67
Anisöl	81,35	8,55	10,10
Pfeffermünzöl . . .	79,63	11,26	9,10
Fenchelöl	77,19	8,49	14,32
Petersilienöl	65,00	6,21	28,48
b. sauerstofffreie.			
Terpenthinöl . . .	87,51—88,43	11,33—11,56	0
Citronenöl	87,93	11,57	0
3. Stearoptene.			
Gemeiner Kampher . .	79,28	10,34	10,37
Terpenthinkampher . .	70,91	12,05	17,04
Rosenkampher . . .	86,74	14,89	0

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß die flüchtigen Oele hinsichtlich des bei Weitem vorwaltenden Gehaltes an Kohlenstoff und des geringen Sauerstoffgehaltes ziemlich mit den Fetten übereinkommen.

Von dem flüchtigen Riechstoff und der flüchtigen Schärfe.

§. 138.

Der starke Geruch und Geschmack, so wie die scharfe Wirkung der Pflanzen, hängen gar häufig von einem flüchtigen Oele ab, welches sich ausscheiden und im konkreten Zustande darstellen läßt. In vielen Fällen, besonders bei einer Menge von Blüthen, ist aber der flüchtige Riechstoff, der bald unausgesetzt bemerkt wird, so lange die Blüthe lebt, bald nur zu gewissen Zeiten sich kund giebt (wie bei Hesperis tristis, Pelargonium triste, Silene nutans, Orchis bifolia u. a.), nicht darstellbar, und wir sind daher über die wahre Natur desselben noch

*) Blum, Lehrb. der Dyktiognosie S. 441.

völlig in Ungewißheit. Das Nämliche gilt von der flüchtigen Schärfe, welche in vielen Pflanzen während ihres Lebens vorhanden ist, aber beim Trocknen oder Kochen derselben verloren geht, wie in dem gemeinen Aron, der Meerzwiebel, dem Wasserpfeffer (Polygonum Hydropiper), dem Giftsumach (Rhus Toxicodendron) u. a. m. Das über diese Pflanzen destillirte Wasser nimmt bald gar keine Schärfe an, bald wird es scharf, jedoch ohne daß sich ein besonderer Stoff abscheiden läßt. Ob nun die Ursache dieser Gerüche und scharfen Eigenschaften ein flüchtiges Oel, eine Kampherart oder ein anderer Stoff sey, wissen wir nicht, da ihre außerordentlich leichte Zerstörbarkeit bis jezt alle chemische Untersuchung vereitelt hat.

i. Von den Harzen.

§. 139.

Die Harze sind im reinen Zustande bei gewöhnlicher Temperatur fest, dabei theils hart und spröde — Hartharze, theils weich und klebend — Weichharze, theils im trocknen Zustande elastisch — Federharz. Die Harze sind durchsichtig oder durchscheinend bis fast undurchsichtig, farblos oder gefärbt (meist gelb und braun); im reinen Zustande geruchlos und theils geschmacklos, theils bitter, theils scharf schmeckend. Ihr specifisches Gewicht kommt dem des Wassers sehr nahe und ist (das des Wassers = 1 angenommen) zwischen 0,93 und 1,2. Sie sind luftbeständig und nicht oder nur theilweis verdampfbar, werden in der Wärme weicher und schmelzen in stärkerer Hitze zu einer flüssigen Masse von verschiedener Dicke und Zähigkeit. In Wasser sind dieselben wenig oder gar nicht löslich, dagegen lösen sich die meisten Harze leicht in Weingeist, in fetten und flüchtigen Oelen, viele auch in Aether. Manche röthen nach ihrer Auflösung in Weingeist Lakmus, reagiren also sauer — saure Harze, andere nicht — indifferente oder neutrale Harze. Endlich sind die Harze noch dadurch ausgezeichnet, daß sie keine Leiter der Electricität sind, aber durch Reiben gewöhnlich stark (negativ) electrisch werden.

Die Harze sind im Pflanzenreiche sehr verbreitet und finden sich, wie die flüchtigen Oele und meist in Verbindung mit den-

selben, in allen Theilen der Pflanzen, von der Wurzel bis zum Keim; sie scheinen jedoch vorzüglich nur in perennirenden und holzigen Pflanzen vorzukommen.

Als Beispiele, nach der angegebenen Verschiedenheit ihrer Konsistenz, mögen folgende dienen:

1. Hartharze. Das Fichtenharz, aus dem Stamme mehrerer Fichtenarten von selbst oder durch gemachte Einschnitte ausfließend, aus welchem das reine, durch Entfernung des flüchtigen Oels und nachheriges Schmelzen erhaltene, Harz das Geigenharz oder Kolophonium bildet, welches aber selbst wieder aus mehreren sauren Harzen (dem Kolophon oder der Pininsäure, der Kolopholsäure und Silvinsäure) besteht; das Harz der Wachholderbeeren, des Sandracks (von Thuja articulata), der Knospen der Schwarzpappel und Roßkastanie, der Birkenrinde, der Wurzel des Sauerdorns (Berberis vulgaris) und der Nelkenwurzel (von Geum urbanum); das Harz des Oelbaums, des Milchsaftes mehrerer Asklepiadeen (Asclepias syriaca, Cynanchum Vincetoxicum), der Zaunrübenwurzel (von Bryonia dioica u. Br. alba), der Kartoffeln; das Harz mehrerer Flechten (Roccella tinctoria, Lecanora tartarea), das Harz des Mastix oder das Masticin (von Pistacia Lentiscus); der Kopal (von Rhus copallinum oder, wie Andere wollen, von mehreren Arten der Gattungen Hymenaea, Trachylobium und Vouapa) und das Harz des als fossiles Pflanzenprodukt erscheinenden Bernsteins, welche alle geschmacklos oder doch von mildem Geschmacke sind. Zu den scharfschmeckenden Hartharzen dagegen gehören: das Harz aus dem Milchsafte der Wolfsmilcharten, aus der Seidelbastrinde (von Daphne-Arten), das Harz aus der Senegawurzel — Senegin, Polygalin (von Polygala Senega), aus der Meerzwiebel (Scilla maritima), aus dem Stocke des männlichen Schildfarns (Aspidium Filix mas), aus der Jalapenwurzel (Convolvulus Jalapa, C. Purga) und aus den Wurzeln anderer Winden-Arten (Convolvulus Scammonia, C. arvensis, C. sepium), aus dem Stamme des Guajackbaums oder Franzosenholzes (Guajacum officinale, G. sanctum) und aus dem Lärchenschwamme (Polyporus officinalis *Fries*).

2. Weichharze. Diese haben meist einen bittern oder bitterscharfen Geschmack. Zu den bittern gehören: das neben flüchtigem Oel und Hartharz in der Myrrhe enthaltene Weichharz; das mit der Zeit erhärtende Harz aus den Stengeln und Blättern des gemeinen Gnadenkrautes (Gratiola officinalis). Bitterscharfe Weichharze kommen unter Andern vor: in der Violenwurzel (von Iris florentina), im schwarzen und spanischen Pfeffer, in den Blüthen des Falkrauts (Arnica montana), im Opium, in den Klatschrosen (von Papaver Rhoeas), in der Brechwurzel (von Cephaëlis Ipecacuanha), in der Bertramwurzel (von Anthemis Pyrethrum und Anacyclus officinarum), in der Alantwurzel (von Inula Helenium) und in den Wur-

zeln mancher Doldenpflanzen. — Außer den Weichharzen, welche, wie die genannten, leicht löslich in Weingeist sind und auch als Balsamharze unterschieden werden, giebt es noch einige sehr schmierige und klebende, welche keinen Geschmack besitzen und in Weingeist schwer löslich sind. Man begreift sie unter dem gemeinschaftlichen Namen Vogelleim, da man dieselben zum Theil zu den Leimruthen beim Vogelfang benuzt. Dahin gehören: das Weichharz aus der innern grünen Rinde der gemeinen Stechpalme (Ilex Aquifolium) und aus den Beeren des weißen Mistels; auch in der Wurzel des gelben Enzians (Gentiana lutea) ist Vogelleim enthalten, und der klebrige, braune, harzige Ueberzug der jungen Zweige der klebrigen Robinie (Robinia viscosa) und des obern Theils der Stengelglieder bei der Pechnelke (Lychnis Viscaria) schließen sich hier an.

3. Das Federharz oder Kautschuck, welches eine feste, braune oder weißliche, sehr biegsame und elastische, geruch- und geschmacklose Masse darstellt und weder in Wasser noch in Weingeist, sondern nur in Aether und manchen flüchtigen Oelen löslich ist, wird in dem Milchsafte sehr verschiedener Pflanzen angetroffen; nicht blos einige ausländische Bäume und Sträucher, namentlich die Federharz-Siphonie (Siphonia elastica), aus deren Milchsaft es im Großen für den Handel gewonnen wird, sondern noch viele andere Pflanzen aus den Familien der Apocyneen, Lobeliaceen, Artokarpeen (z. B. viele Feigen-Arten), Euphorbiaceen, Papaveraceen und Cichoriaceen enthalten Federharz.

Das sogenannte gegrabene Federharz (Dapicho u. Zapis), welches an den Wurzeln der Siphonie und anderer Milchsaft führender Bäume gefunden wird, ist ein durch die Einwirkung der Erdfeuchtigkeit verändertes Federharz. Das fossile Federharz (elastische Erdpech oder Elaterit) [1]) scheint, nach seinen Bestandtheilen und zum Theil nach seinem Vorkommen zu urtheilen, ebenfalls vegetabilischen Ursprungs zu seyn. Dasselbe gilt von dem Asphalt (Erdpech oder Judenpech) [2]), Retinit (oder Retinasphalt) [3]) und dem Harze des Bernsteins [4]), welche als mehr oder weniger umgeänderte Hartharze erscheinen, eben so wie der Kopal, der besonders unter den Wurzeln noch lebender Pflanzen gefunden wird.

Nur von wenigen Harzen besitzen wir die Analysen. Folgende mögen als Beispiele über ihre Zusammensetzung dienen. Es enthalten in 100 Theilen:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Reines Kolophonium (von flüchtigem Oel und Wasser befreites Fichtenharz)	79,28	10,34	10,37

[1]) u. [2]) S. Blum, Lehrb. d. Oryktognosie, S. 445. — [3]) Das. S. 446. — [4]) Das. S. 438.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Kopal	76,81	12,58	10,60
Harz des flüssigen Storax .	76,27	5,50	18,22
Harz der Wachholderbeeren .	75,04	5,10	19,85
Reines Federharz . . .	87,2	12,8	0

Hiernach erscheinen die Mischungsverhältnisse der Grundstoffe in den Harzen sehr übereinstimmend mit jenen in den Oelen, namentlich den flüchtigen.

Von den in der Natur vorkommenden Gemischen der Harze untereinander und mit andern organischen Stoffen.

§. 140.

Wie die Harze in den Pflanzen vorkommen, sind sie niemals rein, sondern stets gemischt, bald mit andern Harzen und Wachs, bald mit flüchtigem Oel, mit Säuren, mit Gummi oder mit andern Stoffen. Diese natürlich vorkommenden Gemische haben zum Theil eigene Namen erhalten, wie die Balsame und Schleim- oder Gummiharze.

Zu den Gemischen verschiedener Harze, zum Theil mit Wachs, gehören: das sogenannte Palmenwachs (Cera de Palma), aus dem Stock der Anden-Wachspalme (Ceroxylon andicola) ausschwitzend, welches ein in Weingeist leichtlösliches und ein schwerlösliches (vielleicht mit Unrecht als Wachs betrachtetes) Harz enthält; das Gummilack, welches aus den Zweigen mehrerer Bäume und Sträucher in Ostindien und auf den Inseln der Südsee (Croton lacciferus, Ficus religiosa, F. indica, Butea frondosa, Zizyphus Jujuba) durch den Stich der Lackschildlaus (Coccus Lacca) ausfließt und aus Harz, Wachs und (wahrscheinlich von dem Insekte herrührend) Farbstoff und Kleber besteht; der oben erwähnte Retinit, welcher ein in Weingeist lösliches und ein unlösliches Harz enthält. Auch das Stopfwachs (Propolis), welches die Bienen aus dem Pollen bereiten und worin, neben Harz und Wachs, auch noch Säure und Unreinigkeiten vorkommen.

Harzgemische mit wenig flüchtigem Oel sind: das Fichtenharz aus verschiedenen Pinus-Arten; der Mastix, aus der Mastix-Pistazie (Pistacia Lentiscus); das Elemiharz und das Takamahak (wahrscheinlich von mehreren Arten der Gattungen Amyris und Icica); das Animeharz, aus dem gemeinen Heuschreckenbaum (Hymenaea Courbaril), und das Ladanum, aus mehreren Cistrosen (Cistus creticus, C. cyprius), welches auch Wachs enthält. Neben dem Harz und flüchtigen Oel enthalten der Storax (von Styrax officinalis), die Benzoë (von Benzoin officinale) und das Gelbharz von Botanybai (aus Xanthorrhoea Hastile und X. arborea) noch Benzoësäure, der Bernstein aber Bernsteinsäure.

Harzgemische mit vielem flüchtigen Oel werden Balsame genannt, wie der Terpenthin aus den verschiedenen Fichten-Arten und der Terpenthin-Pistazie (Pistacia Terebinthus), der Mekkabalsam, aus mehreren Balsambäumen (Balsamodendron gileadense und B. Opobalsamum); der Kopaivabalsam, aus den verschiedenen Kopaivabäumen (Copaifera). Auch die Balsame kommen mit Benzoësäure gemischt vor, wie der peruvianische und Tolubalsam, aus mehreren Balsamhölzern (Myroxylon peruiferum und M. toluiferum), und der flüssige Storax, aus dem amerikanischen und dem Alting'schen Amberbaum (Liquidambar styraciflua u. L. Altingiana).

Gemische aus Harzen, wenig flüchtigem Oel und Gummi werden Schleimharze oder Gummiharze genannt; diese sind theils wohlriechend — balsamische Schleimharze, wie der Weihrauch von der sägeblättrigen Boswellie (Boswellia serrata), die Myrrhe, von mehreren Balsambäumen (Balsamodendron Kataf u. B. Myrrha), das Epheuharz, von dem gemeinen Epheu; theils übelriechend — stinkende Schleimharze, welche alle von Doldenpflanzen herkommen, wie der Stinkasant oder Teufelsdreck von mehreren Steckenkräutern (Ferula Asa foetida und F. persica), das Sagapen, vielleicht auch von einer Art dieser Gattung, das Ammoniakharz, von der Ammoniak- oder Dschakpflanze (Dorema armeniacum *Don.* Peucedanum Ammoniacum *N. ab Esenb.*), das Opopanaxgummi, von der Opopanaxpflanze (Opopanax Chironium *Koch.*), und das Mutterharz oder Galbanum, von der Galbanpflanze (Galbanum officinale *Don.*); theils mit einem scharfen Stoffe verbunden — scharfe Schleimharze, wie das Euphorbienharz, aus mehreren Wolfsmilch-Arten (Euphorbia canariensis, E. officinarum u. a.), das Scammonium, aus der Purgirwinde (Convolvulus Scammonia), und das Gummigutt, aus den Guttabäumen (Garcinia Cambogia, G. Morella) und mehreren Arten der Gattung Vismia.

3. Von den organischen Salzbasen und verwandten Stoffen in den Pflanzen.

§. 141.

Die organischen Salzbasen sind meist fest und krystallisirbar, seltner tropfbar flüssig. Sie sind nicht feuerbeständig, sondern theils flüchtig, wie die flüssigen, theils in der Hitze zerstörbar, wie die festen. Die flüchtigen besitzen einen eigenthümlichen Geruch, die festen sind im reinen Zustande geruchlos. Die meisten zeigen einen ausgezeichneten bittern, oft auch einen scharfen Geschmack, besitzen eine scharfe, narkotische oder rein bittere Wirkung und sind (mit wenigen Ausnahmen) unlöslich oder schwer-

löslich in Wasser. Die stärkern organischen Salzbasen ändern die blaue Farbe der Blumen in Grün, die gelbe der Kurkumä und Rhabarber in Roth und Braun, verbinden sich mit Säuren, indem sie dieselben vollständig neutralisiren, zu geruchlosen Salzen von bitterm oder scharfem Geschmack, und werden daher auch als Pflanzenalkalien oder Alkaloide unterschieden. Die schwächern ändern dagegen die genannten Pflanzenfarben nicht, verbinden sich zwar auch mit Säuren zu salzartigen Produkten, ohne jedoch denselben ihre sauren Eigenschaften völlig zu benehmen. Alle bis jezt bekannten wahren vegetabilischen Salzbasen enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff in ihrer Mischung.

Die Zahl der organischen Salzbasen ist zwar ziemlich bedeutend, und wird fortwährend durch neu entdeckte vermehrt; doch ist keine derselben weit im Pflanzenreiche verbreitet, sondern sie gehören meist nur einzelnen Gattungen oder natürlichen Pflanzengruppen an, welche zum Theil ihnen ihre ausgezeichneten Wirkungen vorzüglich verdanken. Es mag daher zu unserm Zwecke genügen, die bis jezt bekannten organischen Salzbasen hier blos namentlich anzuführen. Dieselben sind:

1. tropfbarflüssige und flüchtige, dabei scharf und narkotisch giftige. Dahin gehören: das Coniin, in dem gefleckten Schierling (Conium maculatum), vorzüglich in dessen Früchten enthalten; das Nicotin, in den verschiedenen Taback-Arten (Nicotiana Tabacum, N. macrophylla, N. rustica und N. glutinosa) vorkommend.

2. feste, meist nicht flüchtige. Diese sind: a) scharfe und giftige, wie das Veratrin, in den Fruchthüllen und Samen der Germer-Arten (Veratrum); das Colchicin, in der Zeitlose (Colchicum); das Aconitin, in den scharfen Sturmhut-Arten (Aconitum Napellus u. a.); das Delphinin, in den Samen mehrerer Ritterspor-Arten (Delphinium Staphisagria, D. officinale); das Surinamin und Jamaicin, in den Wurm- oder Kohlbaumrinden (von Geoffraea-Arten); das Emetin, in den Ipekakuanha- oder Brechwurzeln (von Cephaëlis Ipecacuanha, Psychotria emetica, Richardia scabra, aus der Familie der Rubiaceen), womit mehrere in neuerer Zeit unterschiedene Substanzen, wie das Violin aus den Veilchen-Arten (Viola odorata, Jonidium Ipecacuanha u. a.), und das Chiococcin aus der Caincawurzel (von Chiococca racemosa u. a.) verwandt, wo nicht identisch zu seyn scheinen.

b. Bittere, narkotisch giftige. Dahin gehören: das Hyoscyamin, im schwarzen Bilsenkraut (Hyoscyamus niger)

und wahrscheinlich auch in andern Arten dieser Gattung; das Daturin, in dem gem. Stechapfel (Datura Stramonium), vorzüglich in den Samen desselben; das Atropin, in dem gem. Tollkraut (Atropa Belladonna) und wahrscheinlich in andern Tollkraut-Arten; das Solanin, in verschiedenen Nachtschatten-Arten (Solanum nigrum, S. tuberosum, S. Dulcamara, S. verbascifolium u. a.); das Morphium oder Morphin, das Opian oder Narcotin und das Narcëin, im eingetrockneten Milchsafte (Opium) der Mohn-Arten (Papaver somniferum, P. orientale u. a.); das Codëin, ebenfalls in Opium; das Strychnin, in den Samen, der Wurzel und Rinde der Brechnuß-Arten (Strychnos Nux vomica, Str. Ignatii, Str. colubrina, Str. Tieute); das Brucin, auch in den verschiedenen Brechnuß-Arten.

c. Bittere, nicht giftige. Diese sind: Das Chinin und Cinchonin, in den Chinarinden des Handels (von Cinchona-Arten), von welchen noch, als zum Theil zweifelhafte Substanzen, das Aricin oder Cusco-Cinchonin (aus der Cusco-China), das Blanquinin (aus Cinchona macrocarpa) und das Montanin (aus Exostemma floribundum) unterschieden wurden; das Korydalin, in dem knolligen Lerchensporn (Corydalis tuberosa); das Guaranin, in den Früchten der Paullinia sorbilis; das Xanthopikrit, in der Rinde des westindischen Gelb- oder Zahnwehholzes (Xanthoxylon Clava Herculis).

Zur Vergleichung der Elementar-Zusammensetzung folgen hier die procentigen Verhältnisse der Grundstoffe mehrerer vegetabilischen Salzbasen.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Coniin . .	66,91	12,00	8,28	12,80 (nach Liebig).
Delphinin .	74,21	8,87	13,56	3,23 (Henry).
Atropin .	70,98	7,83	16,36	4,83 (Liebig).
Solanin .	62,66	8,27	27,34	1,72 (Blanchet).
Morphium .	72,20	6,24	16,66	4,92 (Liebig).
Opian . .	65,27	5,32	25,63	3,78 (L).
Strychnin .	76,43	6,70	11,06	5,81 (L.)
Brucin . .	70,88	6,66	17,39	5,07 (L.)
Chinin . .	75,76	7,52	8,61	8,11 (L.)
Cinchonin .	77,81	7,37	5,93	8,87 (L.)

Daraus ergiebt sich, daß der Kohlenstoffgehalt dem in den fetten und flüchtigen Oelen, so wie in den Harzen, ziemlich nahe kommt, während auch das Verhältniß des Sauerstoffs zum Wasserstoff auf ähnliche Weise, wie in jenen Verbindungen, wechselt.

§. 142.

Außer den eigentlichen Salzbasen sind aus den Pflanzen noch eine Reihe von Substanzen ausgeschieden worden, welche zwar zum Theil noch mit Säuren salzähnliche Verbindungen eingehen,

aber doch durch verschiedene Eigenschaften von jenen abweichen, zum Theil auch noch mehr oder weniger zweifelhaft sind, so daß sie gleichsam nur als Anhang zu den vegetabilischen Salzbasen und als denselben zum Theil verwandte Stoffe angeführt werden können.

Die meisten derselben sind schon im krystallisirten Zustande dargestellt; diese sind in alphabetischer Ordnung folgende: das Amygdalin, aus den bittern Mandeln (s. S. 145); das Asparagin, Asparamid oder Althäin, aus den Spargelsprossen, dem Süßholz, der Eibischwurzel, den Kartoffeln, dem gemeinen Beinwell (Symphytum officinale); das Cornin, aus der Rinde des schönblühenden Hornstrauchs (Cornus florida); das Cyclamin oder Arthanitin, aus dem knolligen Stock des gem. Schweinebrods (Cyclamen europaeum); das Daphnin, aus der Rinde mehrerer Seidelbast-Arten (Daphne alpina, D. Mezereum); das Elaterin, aus den Früchten der gemeinen Spritzgurke (Momordica Elaterium); das Gentianin, aus der Wurzel mehrerer Enzian-Arten (Gentiana lutea, G. purpurea etc.); das Hesperidin, aus dem schwammigen Fruchtfleisch und dem Eierstock der Citronen und Pomeranzen; das Imperatorin, aus der gebräuchlichen Meisterwurzel (von Imperatoria Ostruthium); das Kaffëin oder Coffëin, aus den Kaffeebohnen; das Koktulin, Menispermin oder Pikrotoxin, aus den Kockelskörnern (von Menispermum Cocculus); das Kolumbin, aus der Kolumbowurzel (von Menispermum palmatum); das Liriodendrin, aus der Wurzelrinde des virginischen Tulpenbaums (Liriodendron Tulipifera); das Mekonin, aus dem Opium (von Papaver somniferum); das Olivil, aus dem Oelbaumharz (von Olea europaea); das Peucedanin, aus der Wurzel des gem. Haarstrangs (Peucedanum officinale); das Pikrolichenin, aus der bittern Pockenflechte (Variolaria amara); das Piperin, aus den Früchten mehrerer Pfeffer-Arten (Piper nigrum, P. longum); das Plumbagin, aus der Wurzel des europ. Bleikrautes (Plumbago europaea); das Populin, aus der Rinde und den Blättern der Zitterpappel (Populus tremula); das Salicin, aus der Rinde und den Blättern mehrerer Weiden-Arten (Salix purpurea, S. amygdalina, S. rubra, S. alba var. vitellina etc.) und einigen Pappel-Arten (Populus tremula, P. alba, P. graeca); das Santonin, aus den Blüthenköpfchen mehrerer Beifuß-Arten (Artemisia Contra, A. glomerata); das Sulphosinapin, aus den gelben Senfsamen; das Thëin, aus dem Souchong-Thee.

Ein Theil dieser krystallisirbaren Substanzen, von welchen die Elementar-Zusammensetzung bekannt ist, enthält noch Stickstoff; nämlich:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Amygdalin . .	58,56	7,08	30,72	3,63
Asparagin . .	36,74	5,94	36,05	21,27
Kaffëin . .	49,79	5,08	16,30	28,83

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Mekonin . .	49,76	4,78	35,96	9,50
Piperin . .	70,72	6,68	18,51	4,09
Sulphosinapin .	57,82	7,76	21,82	4,94 *)

Hiernach kommen dieselben Grundstoffe, wie in den eigentlichen Salzbasen vor, nur daß sich im Ganzen ein geringerer Gehalt an Kohlenstoff herausstellt.

Dagegen fehlt der Stickstoff in folgenden:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Kokkulin	61,67	6,04	32,39
Kolumbin	66,63	6,17	27,47
Olivil	63,84	8,06	28,10
Salicin	55,49	6,38	38,13
Santonin	70,51	7,46	22,02

So daß diese und wohl noch andere (bis jezt nicht zerlegten) der obigen Substanzen den vegetabilischen Salzbasen weniger nahe zu stehen scheinen und ihre Stelle in der Reihe der organischen Verbindungen sehr zweifelhaft bleibt. Dieses gilt auch von den meisten der folgenden Substanzen, von welchen einige nach ihrer künstlichen Ausscheidung in Pulverform erscheinen, wie das Ergotin, aus dem Mutterkorn, das Eupatorin, aus dem Kraute des gem. Wasserdosts (Eupatorium cannabinum), das Isländischmoosbitter, aus der isländischen Tartschenflechte (Cetraria islandica), das Parigl in oder Smilacin, aus den Sassaparillwurzeln (von verschiedenen Smilax-Arten), und das Sanguinarin, aus der Wurzel des kanadischen Blutkrauts (Sanguinaria canadensis); — während andere zusammenhängende, unkrystallisirbare Massen bilden, wie das Guajacin oder der kratzende Stoff des Guajakharzes (von Guajacum officinale und G. sanctum) und das Saponin oder der Seifenstoff, welcher in der Wurzel des gebräuchlichen Seifenkrautes (Saponaria officinalis), auch in der sogenannten ägyptischen Seifenwurzel (von Gypsophila Struthium?) in dem Quillai (Quillaja Saponaria) u. a. m. enthalten ist, sich durch die Eigenschaft auszeichnet, mit Wasser beim Schütteln eine stark schäumende, seifenartige Lösung zu geben, und in 100 Thl. aus 51,0 Kohlenstoff, 7,4 Wasserstoff und 41,6 Sauerstoff besteht, also ebenfalls durch den Mangel des Stickstoffs von den wahren Salzbasen sich unterscheidet. **)

---

*) Enthält auch noch (nach Henry und Garot) 9,66 Schwefel.

**) Verschiedene Substanzen, welche theils als organische Salzbasen, theils als verwandte Stoffe beschrieben wurden, sind noch nicht gehörig geprüft und daher noch zu zweifelhaft, um sie den andern anreihen zu können. Dahin gehören das Aesculin, aus den Samen der Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum), das Hyssopin, aus dem Kraute des Isops (Hyssopus officinalis), das Granatin, im Granatapfel (Punica Granatum), das Azadirin, aus dem Neembaum (Melia Azadirachta), das Vulpulin, aus der gelben Astflechte (Evernia vulpina) u. a. m.

§. 143.

Endlich ist noch eine Reihe von organischen Verbindungen übrig, welche man mit dem Namen der bittern Extractivstoffe belegt. Darunter versteht man Substanzen, welche durch das Ausziehen bitterer Pflanzentheile vermittelst Wassers oder Weingeistes, nach Ausscheidung der trennbaren in dem Extracte noch vorhandenen Stoffe, erhalten werden und zunächst die Grundlage des bittern Geschmackes (den eigentlichen Bitterstoff) enthalten, der aber bis jezt noch nicht daraus geschieden werden konnte. Daher sind sie auch als mehr oder weniger unreine Verbindungen zu betrachten, und bilden meist braune, unkrystallinische Massen, die im trocknen Zustande spröde, von muscheligem Bruch, geruchlos, oder von andern beigemengten Substanzen schwach riechend sind, und selbst zum Theil (wahrscheinlich von beigemischter Säure) sauer reagiren. Ihre dunkle Farbe rührt von einem braunen Farbstoffe her, welcher, wie schon früher bemerkt, nicht ursprünglich in den Pflanzen vorhanden ist, sondern sich erst während der Operation bildet. Ueber ihre Elementarzusammensetzung ist nichts Näheres bekannt. Nach ihrer Wirkung auf den menschlichen Körper lassen sich diese Stoffe in rein bittere, in scharfe und drastische, und in narkotisch bittere eintheilen.

1. Rein bittere Extractivstoffe sind: das Benediktenwurzbitter, aus der Wurzel des gem. Benediktenkrautes (Geum urbanum); das Eichenrindenbitter, aus der Rinde der Stiel- und Traubeneiche (Quercus Robur. Q. sessiliflora): das Fieberkleebitter oder Menyanthin, aus dem gem. Fieberklee (Menyanthes trifoliata); das Hopfenbitter oder Lupulit, aus dem Hopfenmehl (Lupulin) des gem. Hopfens (Humulus Lupulus); das Kalmusbitter, aus dem Stocke des gem. Kalmus (Acorus Calamus); das Kardobenediktenbitter, aus dem Kraute der Benedikten-Flockenblume (Centaurea benedicta); das Kaskarillbitter, aus der Kaskarillrinde (von Croton Eluteria), und das Kopalchirindenbitter (von Croton Pseudochina); das Kreuzwurzbitter, aus der bittern Kreuzwurz (Polygala amara); das Löwenzahnbitter, aus dem gebräuchlichen Löwenzahn (Leontodon Taraxacum); das Pomeranzenbitter, aus den unreifen Pomeranzen; das Quassiabitter, aus dem Quassienholz und der Quassienrinde (von Quassia amara und Simaruba excelsa); das Rainfarnbitter, aus dem gem. Rainfarn (Tanacetum vulgare); das Scordiumbitter, aus dem knoblauchduftenden Gamander oder Lachenknob-

lauch (Teucrium Scordium); das Simarubabitter, aus der Wurzelrinde der Simarubabäume (Simaruba officinalis, S. amara) — vielleicht mit dem Quassienbitter identisch; das Stechpalmenbitter oder Ilicin, aus den Blättern der gem. Hülsen oder Stechpalme (Ilex Aquifolium); das Syringabitter, aus den unreifen Früchten der gemeinen Syrinke oder des spanischen Flieders (Syringa vulgaris); das Tausendguldenkrautbitter, aus der gem. Erythräe oder dem großen Tausendguldenkraut (Erythraea Centaurium); das Wallnußbitter, aus den grünen Schalen der Wallnüsse (von Juglans regia); das Wegwartbitter, aus der Wurzel der gem. Wegwarte (Cichorium Intybus); das Wermuthbitter, aus dem Kraute des bittern Beifußes oder Wermuths (Artemisia Absinthium).

2. Scharfe und (zum Theil) drastische bittere Extractivstoffe sind: das Aloëbitter aus der Aloë des Handels (von Aloë spicata, A. succotrina, A. vulgaris u. a.); das Bingelkrautbitter, aus dem gem. Bingelkraut (Mercurialis annua); das Bohnenbaumbitter oder Cytisin, aus den Samen des gem. Bohnenbaums (Cytisus Laburnum); das Fingerhutbitter oder Digitalin, aus den Blättern des rothen Fingerhutes (Digitalis purpurea); das Haselwurzbitter oder Asarin, aus dem Stengel und den Blättern der europäischen Haselwurz (Asarum europaeum); das Koloquintenbitter oder Colocynthin, aus den Früchten der Koloquintengurke (Cucumis Colocynthis); das Meerzwiebelbitter oder Scillitin, aus den Schalen der gebräuchlichen Meerzwiebel (von Scilla maritima); das Schwalbenwurzbitter, aus der gebräuchlichen Schwalbenwurzel (von Cynanchum Vincetoxicum); das Sennabitter oder Cathartin, aus den Sennesblättern (von Cassia lanceolata, C. Senna, C. acutifolia); das Zaunrübenbitter oder Bryonin, aus der Wurzel der schwarzbeerigen und rothbeerigen Zaunrübe (Bryonia alba u. Br. dioica).

3. Narkotisch bittere Extractivstoffe sind: das Lattichbitter oder Lactucarium, aus den verschiedenen Lattich-Arten, wie aus dem Gartensalat (Lactuca sativa), dem wilden und dem Giftlattich (Lactuca Scariola und L. virosa); das Tanginbitter oder Tanginin, aus den Tanginmandeln (von Tanginia madagascariensis *).

---

*) Es sind noch mehrere Substanzen unterschieden worden, welche sich den bittern Extractivstoffen anschließen sollen, aber theils noch nicht hinlänglich rein dargestellt, theils in Betreff ihrer Natur überhaupt noch mehr oder weniger zweifelhaft sind. Dahin gehören: das Antiarin, aus dem von den Javanern bereiteten Upasgifte (von Strychnos Tieute); das Curarin, aus dem Curare oder Urari-Sipo, einem unter den Indianern des Orinoko gebräuchlichen (aus der Rinde und dem Splinte einer gleichfalls zu den Strychneen gehörigen Pflanze bereiteten) Pfeilgifte; das Curcasin, aus den Samen von Jatropha Curcas; das Evonymin oder Spindelbaumbitter, aus den Früchten des gemeinen

Allgemeiner Ueberblick der chemischen Zusammensetzung der Pflanzen.

§. 144.

Wir haben erfahren, daß von den bekannten, in der Natur überhaupt vorkommenden Grundstoffen nur der dritte Theil in dem Pflanzenreiche angetroffen wird, und daß es keinen diesem Reiche ausschließlich zukommenden Grundstoff giebt. In den Verbindungen dieser Grundstoffe oder in den nähern Bestandtheilen, welche wir zu den unorganischen zählen, finden wir die verschiedenen Elemente mit dem Sauerstoff, seltner mit dem Wasserstoff, nach denselben einfachen Gesetzen des Mischungsverhältnisses, wie in den unorganischen Körpern, vereinigt; daher auch von diesen Verbindungen nur solche in den Pflanzen auftreten, die zugleich dem Mineralreiche angehören. Dieses gilt vorzüglich auch von der Verbindung des Sauerstoffs mit dem Wasserstoff, oder dem Wasser, welches ganz allgemein verbreitet in den drei Reichen der Natur erscheint. Anders verhält es sich mit den sogenannten organischen Verbindungen, in welche wir aus der Menge der Grundstoffe nur den Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, am häufigsten nur die drei erstern, sehr selten noch einen fünften (wie den Schwefel) eingehen sehen. Von diesen finden wir wieder den Kohlenstoff als den Allgemeinsten, auch am häufigsten vorwaltenden und die Natur der organischen Verbindungen in den Pflanzen am meisten bezeichnenden Grundstoff, was weder im Mineral-, noch im Thierreiche der Fall ist. Eben so wenig sind in diesen Verbindungen die bestimmten und einfachen Mischungsverhältnisse nachzuweisen, wie in den unorganischen, in welchen diese Verhältnisse immer eine gewisse gesetzmäßige Progression einhalten.

Wenn man jedoch das Verhältniß vergleicht, nach welchem

Spillbaums (Evonymus europaeus); das Lapathin, aus der Grindwurzel (von Rumex obtusifolius, R. crispus u. a.); das Mudarin, aus der Wurzel der Calotropis Mudarii, welches brechenerregend wirken soll; das Tiglin und Crotonin, aus den Samen von Croton Tiglium; das narkotische Extract der wurmwidrigen Spigelie (Spigelia Anthelmia) u. a. m.

der Wasserstoff und Sauerstoff im Wasser enthalten sind, so findet man diese Grundstoffe in mehreren organischen Verbindungen (wie in den schleimigen, stärkmehlartigen, zuckerartigen Stoffen und in dem festen Pflanzengewebe oder der Holzfaser, §. 126—129) in einem Verhältnisse beisammen, welches ihrem Mischungsverhältnisse im Wasser (nämlich ein Gewichtstheil Wasserstoff auf 8 Gewichtstheile Sauerstoff) gleich oder doch sehr nahe kommt. Daher glauben Manche diese nähern Bestandtheile der Pflanzen wirklich als blose Verbindungen von Wasser und Kohlenstoff annehmen zu dürfen, wo nämlich das in den Pflanzen enthaltene Wasser sich unmittelbar mit einer gewissen Menge von Kohlenstoff vereinigt habe. Diese Verbindungen, wozu außer den genannten noch einige Säuren (die Essig- und Gallussäure) kommen, sind daher (nach de Candolle) als hydrocarbonische (oder besser als hydratocarbonische) zu betrachten. Diejenigen Verbindungen aber, in welchen das Verhältniß des Sauerstoffs größer ist als im Wasser (wie die meisten Pflanzensäuren), können hiernach als hyperoxydirte, und diejenigen, in welchen der Wasserstoff über den Sauerstoff vorwaltet (wie die Benzoësäure, die fetten und flüchtigen Oele und die Harze), als hyperhydrogenisirte Verbindungen angesehen werden.

Unter den nähern Bestandtheilen haben wir manche kennen gelernt, welche in allen oder doch in einer großen Anzahl von Pflanzen vorkommen, während andere nur wenigen oder sogar nur einzelnen Familien, Gattungen oder Arten eigen sind. Zu den mehr oder weniger allgemeinen Bestandtheilen gehören: von den unorganischen Verbindungen das Wasser, die Kohlensäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Salzsäure, das Kali, Natron (vielleicht auch das Ammoniak) und der Kalk, die Kieselerde und Bittererde, das Eisen-, Mangan- und Kupferoxydul; von den organischen Verbindungen die Essigsäure, Kleesäure, Aepfelsäure, Citronensäure, Gallussäure, Gerbesäure und Benzoësäure, das feste Pflanzengewebe oder der Faserstoff, der Schleim, das Stärkmehl, der Zucker, der Kleber, das Emulsin, der grüne harzige Farbstoff, das Pflanzenfett, flüchtige Oel und Harz. Eigen-

thümliche Bestandtheile sind: von den unorganischen Verbindungen die Salpetersäure, Hydriodsäure, Hydrobromsäure, Blausäure und die Alaunerde; von den organischen Verbindungen (eigenthümliche Pflanzenstoffe) die nur in einzelnen Gattungen oder Arten vorkommenden Säuren (S. 132 u. 133), die verschiedenen Farbstoffe, die organischen Salzbasen nebst verwandten Stoffen, die bittern Extractivstoffe und einige andere.

Eine jede Pflanzenart besitzt ihre bestimmte Anzahl von nähern Bestandtheilen, und häufig stimmen die Arten einer und derselben Pflanzengattung und selbst einer natürlichen Familie in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr überein. Es können aber dabei sehr verschiedene Bestandtheile in den verschiedenen Organen einer Pflanze enthalten seyn, so daß z. B. neben den durch die ganze Pflanzensubstanz vertheilten, die Wurzel, der Stamm, die Blätter, Früchte und Samen auch noch ihre eigenthümlichen Stoffe einschließen, die selbst wieder in den verschiedenen Schichten dieser Theile (in Holz und Rinde, in Samenhülle und Samenkern u. s. w.) meist von einander abweichen. Manche einer Pflanze normal zukommenden Bestandtheile sind nicht in jedem Alter derselben vorhanden, indem entweder in der jungen Pflanze oder in jungen Pflanzentheilen vorhandene Stoffe im Alter verschwinden (wie der Milchsaft in manchen Schwalbenwurz- und Sumach-Arten), oder früher fehlende Stoffe auf einer spätern Altersstufe eintreten (wie die verschiedenen Säfte in der Blüthe und Frucht). Eben so bemerkt man häufig einen Wechsel der Bestandtheile, theils in der Beschaffenheit, theils in der Menge, nach den verschiedenen Jahreszeiten; so enthalten unsere Laubholzbäume im Frühling in allen Theilen mehr wässerige, schleimige und zuckerhaltige Säfte, welche im Sommer und Herbst mehr oder weniger durch andere Stoffe ersezt werden; bei den Kartoffeln und andern stärkmehlhaltigen Knollen, Stengeln und Wurzeln hat man die Erfahrung gemacht, daß die Menge des Stärkmehls gegen das Ende des Jahres zunimmt, daß sie im Winter am größten ist und mit dem Frühling wieder abnimmt*). Selbst zu verschiedenen Ta-

*) 100 Pfund Kartoffeln geben an Stärkmehl: im August ungefähr 10 Pfund, im September $14\frac{1}{2}$, im Oktober $14\frac{3}{4}$, vom November bis März 17, im April $13\frac{3}{4}$, und im Mai wieder 10 Pfund.

geszeiten verrathen manche Pflanzen ähnliche Veränderungen ihrer Bestandtheile; dieses zeigt sich nicht blos an den nur zu gewissen Stunden, namentlich des Abends, stark riechenden Pflanzen (§. 137), sondern ist auch noch in anderer Beziehung an gewissen Pflanzen wahrgenommen worden; so soll die fiederblättrige Verea (Verea pinnata) in Indien Morgens einen sauren Geschmack besitzen, Mittags geschmacklos und Abends bitter schmeckend seyn. Nach Link röthet der Saft dieser Pflanze Morgens das Lackmuspapier, Mittags aber nicht, und dieselbe Veränderung sollen noch andere saftreiche Pflanzen (Cacalia ficoides, Portulacaria afra und Sempervivum arboreum) zeigen, jedoch nur, wenn dieselben am Tageslicht stehen; im Finstern gehalten röthen sie das Lackmuspapier auch am Mittag noch.

Daß in welkenden oder abgestorbenen Pflanzentheilen die chemische Mischung von der in frischen und lebenden verschieden sey, wird häufig schon durch den Geruch, fast immer aber durch einen Wechsel der Farbe angezeigt. Diese Veränderung beruht meist auf einer mit dem Welkwerden oder Absterben eintretenden Entmischung, oder auf dem Eintrocknen und Entweichen der flüssigen Bestandtheile. Daher enthält die innere, lebende Rinde der Bäume andere Stoffe als die äußere, abgestorbene; viele Pflanzen und Pflanzentheile, welche im frischen Zustande wenig oder gar nicht riechen, erhalten beim Abwelken einen ausgezeichneten Geruch, wie das Ruchgras (Anthoxanthum odoratum), der Waldmeister (Asperula odorata), der schwarze Nachtschatten (Solanum nigrum), die Blüthen der kanadischen Kelchblume (Calycanthus floridus); umgekehrt verlieren manche Pflanzen und Blüthen mit dem Absterben ihren Geruch; die Blätter unserer Laubholzbäume ändern ihre Farbe im Herbste, bevor sie abfallen, in dem Verhältniß als sich der grüne harzige Farbstoff umwandelt, in Gelb, Orange, Roth und Violett.

Verschiedenheit der Jahreswitterung, des Klima, Bodens und Standortes können ebenfalls auf die chemische Zusammensetzung der Pflanze Einfluß äußern, jedoch meist nur in der Weise, daß mehr das Mengen-Verhältniß der normalen nähern Bestandtheile als das Mischungsverhältniß ihrer Grundstoffe verändert wird, wiewohl in manchen Fällen auch das leztere zu wechseln scheint. Es bildet sich in kühlen, regnerischen Sommern

der Zuckerstoff in Wurzeln und Früchten weniger aus als bei einer warmen und mäßig trocknen Witterung, selbst die Holzbildung geschieht weniger vollkommen, und es herrscht in diesen Theilen überhaupt eine mehr wässerige Beschaffenheit der Säfte vor. Manche Pflanzen, welche in wärmern Himmelsstrichen gewisse Produkte liefern, erzeugen dieselben in einem kältern Klima gar nicht oder weit weniger vollkommen; die Mannaesche (Ornus europaea) und selbst die Hohesche (Fraxinus excelsior), von welchen im Süden von Europa in so reichlicher Menge die Manna gewonnen wird, enthalten diese Zuckerart in unsern Gegenden in so geringer Menge und so sehr mit wässerigem Safte verdünnt, daß es sich nicht der Mühe lohnen würde, sie zu sammeln; der Gartenmohn (Papaver somniferum), dessen Milchsaft in Kleinasien, Aegypten und Ostindien das wirksame Opium darstellt, giebt zwar bei uns ein ähnliches, aber weit schwächer wirkendes Produkt *). Pflanzen, namentlich aus der Familie der Chenopodiaceen, enthalten, wenn sie auf Salzboden und an den Meeresküsten wachsen, oft so viel salzige Theile, daß diese sich schon durch den Geschmack zu erkennen geben, während die nämlichen Pflanzen, auf anderem Boden gewachsen, oft nur geringe Spuren davon bei der chemischen Analyse erkennen lassen. Die Spargelsprossen, die Wurzel der Möhre und viele andere zum ökonomischen oder technischen Behufe kultivirte Pflanzen verhalten sich in ihrer, schon durch den Geschmack sich kund gebenden chemischen Mischung sehr verschieden, je nachdem sie in einem magern und trocknen oder in einem fruchtbaren und sorgfältig bearbeiteten Boden wachsen. Wie sehr endlich der Standort auf die Ausbildung der nähern Bestandtheile einwirke, beweisen besonders manche Pflanzen, welche als Arzneimittel gebräuchlich sind, wie der ächte Baldrian (Valeriana officinalis), der auf hohen, sonnigen Standorten gewachsen, eine weit wirksamere Wurzel liefert als in feuchten Niederungen; Pflanzen, welche

---

*) Die Angabe Raspail's (Annales des sciences natur. 1826. Mars), daß die Erdäpfel (von Helianthus tuberosus) in Westindien gezogen, gewöhnliches Stärkmehl, und in Frankreich gezogen, Alantstärkmehl (Synantherin) geben, bedarf nach seinem eigenen Berichte noch einer genauern Prüfung.

gegen ihre Natur an schattigen Standorten oder ganz im Finstern wachsen, zeichnen sich gewöhnlich schon durch eine bleiche Färbung aus und zeigen in allen Theilen eine wässerige Beschaffenheit; sie gehen hier schon in einen krankhaften Zustand über, wo überhaupt eine theilweise oder totale Entmischung und Umänderung der Säfte stattfindet.

Wie in den verschiedenen Theilen einer Pflanze die Bestandtheile oft sehr abweichend sind, so ändert auch häufig eine Art von Stoffen in verschiedenen Pflanzen, je nach der besondern Natur der leztern, ab; daher unterscheiden wir auch die verschiedenen Abänderungen des Schleims, Zuckers, Stärkmehls, Fettes, flüchtigen Oels, Harzes und selbst des Faserstoffes, da die Grundstoffe derselben in verschiedenen Gewächsen ein abweichendes Mischungsverhältniß zeigen. Sehr auffallend ist die in der neuern Zeit gemachte Beobachtung, daß es chemische Verbindungen giebt, welche aus völlig gleichen und gleichvielen Grundstoffen in demselben Verhältnisse zusammengesezt sind und dennoch zum Theil sehr verschiedene Eigenschaften besitzen; man hat diese Verbindungen, die nicht allein unter den unorganischen, sondern auch unter den organischen vorkommen, isomere Verbindungen genannt; als Beispiele dazu finden wir unter den nähern Bestandtheilen der Pflanzen den völlig wasserfreien Zucker und das Arabin (nach Guerin), die Weinsäure und Traubensäure, so wie viele ätherischen Oele, deren fester Bestandtheil oder das Stearopten mit ihnen selbst isomer ist.

Die wenigsten der nähern Bestandtheile kommen, für sich schon getrennt und rein, in besondern Elementarorganen und Räumen eingeschlossen vor, wie die ätherischen Oele in den Drüsen, die Stärkmehlkörner und manche Farbstoffe in gewissen Zellen des Parenchyms; sondern sie sind meist im Gemenge oder in engerer Verbindung untereinander in den Zellen, Saftgängen und Saftbehältern enthalten; daher rührt dann die Schwierigkeit, manche dieser nähern Bestandtheile rein auszuscheiden und ihre wahre Natur auf chemischem Wege zu bestimmen, und bei mehreren, wie namentlich bei verschiedenen den Salzbasen verwandten Stoffen und bei einigen Bitterstoffen, ist bis jezt die reine Darstellung noch gar nicht gelungen. Bei der leichten Veränderlichkeit des Mischungsverhältnisses organischer Verbindungen durch die

chemische Reaction bleibt es sogar nicht selten zweifelhaft, ob die aus einer Pflanze ausgeschiedenen Verbindungen schon im Organismus derselben ausgebildet waren, oder ob dieselben nicht vielmehr blos Gebilde der chemischen Zerlegung sind. Diese leichte Veränderlichkeit des Mischungsverhältnisses in den nähern Bestandtheilen geht vorzüglich daraus hervor, daß es auf künstlichem Wege möglich ist, den einen dieser Stoffe in einen andern umzuwandeln. So läßt sich durch Behandlung mit Säuren (namentlich mit Schwefel- und Salpetersäure) die Pflanzenfaser in Stärkmehl, Gummi, Zucker, Aepfelsäure und Kleesäure umwandeln; das Gummi wird dadurch ebenfalls in Zucker, in Schleimsäure, Aepfelsäure und Kleesäure verändert; das Stärkmehl geht seinerseits in Zucker, ferner in Gummi, Essigsäure, Aepfel- und Kleesäure über; der Zucker, welcher selbst aus der Pflanzenfaser (Leinwand, Papier, Sägespänen u. s. w.), aus Gummi und Stärkmehl, sogar aus fetten Oelen (durch die Verseifung derselben — Oelzucker) dargestellt werden kann, wird durch Salpetersäure in Essig-, Aepfel-, Klee- und Schleimsäure verwandelt. Wie die genannten Säuren aus verschiedenen andern Bestandtheilen der Pflanzen auf künstlichem Wege herzustellen sind, eben so können auch die meisten Pflanzensäuren wechselseitig in einander umgewandelt werden. Aus den flüchtigen Oelen, welche schon bei fortdauerndem Luftzutritte konsistenter werden und sich mit der Zeit durch Aufnahme von Sauerstoff in Harze umändern, lassen sich die leztern durch starke Säuren ebenfalls in kurzer Zeit darstellen, während verdünnte Säuren eine Umwandlung der flüchtigen Oele in Kleesäure bewirken. Der Moder, welcher beim Verwesen vieler organischen Verbindungen, namentlich der Holzfaser, sich bildet, läßt sich durch Behandeln von Sägespänen, Papier, Leinwand, Theer, Ruß u. dgl. mit wässeriger Kalilösung auch auf künstlichem Wege darstellen. Merkwürdig sind noch die Veränderungen, welche in zuckerhaltigen Flüssigkeiten, bei der Gegenwart von Kleber oder einer kleberartigen (stickstoffhaltigen) Substanz, durch die in einer angemessenen Temperatur eintretende Gährung stattfinden, welche nach den Produkten, die sich dabei bilden, in geistige oder Weingährung und in saure oder Essiggährung unterschieden wird. Die Gährung findet nie in den Säften der le-

benden Pflanze, sondern erst nach deren Ausscheidung statt und ist als ein von selbst erfolgender Akt der Zersetzung, als ein organisch-chemischer Prozeß zu betrachten, welcher der völligen Auflösung der organischen Verbindungen durch die Fäulniß vorangeht, aber auch durch die Beimengung des dabei sich bildenden Ferments (Gährungsstoffes) in andern, blos zuckerhaltigen Flüssigkeiten künstlich hervorgerufen werden kann.

Bei allen diesen durch chemische Behandlung künstlich hervorrufbaren Umwandlungen der verschiedenen Pflanzenstoffe in einander, ist es doch noch nie gelungen, die nähern organischen Bestandtheile der Pflanzen unmittelbar, durch Verbindung ihrer Grundstoffe, auf künstlichem Wege herzustellen, und so dasjenige zu bewirken, was nur der organischen Kraft oder der eigenen Lebensthätigkeit der Pflanzen möglich ist*). Doch haben jene Umwandlungen mitunter ziemlich deutliche Winke gegeben, über die Art und Weise, wie sich die nähern Bestandtheile auch in der lebenden Pflanze auseinander entwickeln; denn, daß die Lebensthätigkeit der Gewächse jene wechselseitige Umwandlung in weit höherm Grade und nach allen Richtungen hin bewirke, wird schon daraus klar, daß aus dem einfachen, dem Boden und der Atmosphäre entnommenen Nahrungssafte die verschiedenartigsten Bestandtheile erzeugt werden, und daß in den höhern Organen (wie in der Frucht und dem Samen) diese verschiedenartige chemische Beschaffenheit wieder in eine mehr gleichartige oder doch von jener abweichende übergeht. Daraus wird aber auch ersichtlich, daß an keine streng eingehaltene Folge der gegenseitigen

---

*) Es sind im Ganzen nur wenige organische Verbindungen durch Kunst aus unorganischen Verbindungen erzeugt worden. Dahin gehören unter andern eine flüchtige, ölige, ferner eine dem Moder ähnliche Substanz (beim Auflösen von Gußeisen, im ersten Falle in Salzsäure oder Schwefelsäure, im zweiten Falle in Salpetersäure oder Salpetersalzsäure), eine gerbestoffähnliche Substanz (beim Behandeln von Kohle mit Salpetersäure), und Kleesäure (bei der Sättigung von wässerigem Ammoniak durch Cyangas). In diesen und vielleicht in den meisten übrigen Fällen, wo auf künstlichem Wege eine organische Verbindung entsteht, geschieht aber deren Bildung doch nicht durch das unmittelbare Zusammenbringen ihrer Grundstoffe, sondern ist gleichsam als ein Nebenact des chemischen Konfliktes der aufeinander wirkenden Stoffe zu betrachten (Vergl. L. Gmelin, Handb. d. theoret. Chemie, Bd. 2, S. 5—7).

Umwandlung hier zu denken ist, sondern daß, wie schon durch die Kunst sehr verschiedenartige Bestandtheile in eine gleichartige Verbindung (z. B. Pflanzenfaser, Gummi, Stärkmehl, Zucker und flüchtige Oele in Kleesäure) sich umwandeln lassen, um so mehr in der lebenden Pflanze aus dem Nahrungssafte nicht blos in einer gewissen Stufenfolge, sondern auch unmittelbar die verschiedenartigen Bestandtheile sich werden erzeugen können. Demungeachtet führt uns die Vergleichung der Mischungsverhältnisse der Grundstoffe in den nähern Bestandtheilen zu dem Schlusse, daß diejenigen Verbindungen, in welchen der Sauerstoff und Wasserstoff in einem der Zusammensetzung des Wassers nahe kommenden Verhältnisse vorhanden sind (wie der Schleim, Zucker, das Stärkmehl und der Faserstoff), im Allgemeinen zunächst aus dem Nahrungssafte gebildet werden und daher die ursprünglichern organischen Verbindungen seyen.

Die Nothwendigkeit der Kenntniß von den chemischen Bestandtheilen der Pflanzen muß einem Jeden von selbst einleuchten, dem es um das allseitige Erforschen der Pflanzenwelt, besonders aber des Pflanzenlebens, zu thun ist. Der Nutzen, den diese Kenntniß gewährt, erstreckt sich aber auch auf den Kreis des täglichen Lebens, indem uns dieselbe mit den wirksamen, nährenden und zu mancherlei andern Zwecken benutzbaren, so wie mit den schädlichen Pflanzenstoffen, nebst deren Darstellung aus den Pflanzen, bekannt macht, und so nicht allein für die Heilkunde, sondern auch für die Künste und Gewerbe, wie für den Ackerbau von großer Wichtigkeit ist.

Literatur der Phytochemie.

§. 145.

Zu den Schriften, welche sich mehr ausschließlich mit der chemischen Untersuchung der Pflanzen befassen, gehören folgende:

Théod. de Saussure, Recherches chimiques sur la végétation. Paris. 1804. (8).

Davon die Uebersetzung:

Theod. v. Saussure's chemische Untersuchungen über die Vegetation. Aus dem Französischen übersezt von Dr. F. S. Voigt. Leipzig. 1805.

G. Wahlenberg, Dissertatio de sedibus materiarum immediatarum in plantis. Upsaliae 1806, 1807. (4).

F. Runge, neueste phytotechnische Entdeckungen zur Begründung einer wissenschaftlichen Phytochemie. Breslau 1820. (8).

Außerdem ist noch die chemische Zusammensetzung der Pflanzen ausführlich behandelt in folgenden Schriften:

Humphry Davy, Elements of agricultural chemistry. London. 1813. (4).

Davon die Uebersetzung:

Humphry Davy, Elemente der Agriculturchemie. Aus dem Engl. von F. Wolf. Berlin. 1814.

Graf v. Chaptal, die Agriculturchemie. Mit einem Anhange von Dr. Schübler und aus dem Französ. übersezt von Dr. Eisenbach. Stuttgart. 1814.

S. F. Hermbstädt, Grundsätze der Kameral- und agronomischen Chemie. Berlin. 1817.

Dann in folgenden größern Lehrbüchern:

J. Jac. Berzelius, Lehrbuch der Chemie. Aus dem Schwedischen übers. von F. Wöhler. Dritter Band. 2te Aufl. Dresden 1827, 1828 (8).

Leop. Gmelin, Handbuch der theoretischen Chemie. Zweiter Band. Dritte Auflage. Frankfurt a. M. 1829. (8.)

Tabellarische Uebersichten über die chemischen Bestandtheile der Pflanzen gaben:

J. F. John, Chemische Tabelle der Pflanzen-Analysen. Nürnberg. 1814. (Fol.)

Joh. Röper, Tabellarische Uebersicht der Elementar-Zusammensetzung der einfachen Pflanzen-Verbindungen. (In A. P. de Candolle's Pflanzenphysiologie, erster Band. Stuttgart und Tübingen 1833.)

Endlich ist dieses Kapitel mehr oder weniger ausführlich in den meisten Schriften über Pflanzenphysiologie abgehandelt.

Viertes Kapitel.

Von den Erscheinungen des Pflanzenlebens im normalen Zustande:

Pflanzenphysiologie.

Erster Abschnitt.

Von dem Leben der Pflanzen im Allgemeinen.

§. 146.

Die Pflanzen besitzen vermöge ihres organischen Baues, so gut wie die Thiere, die Fähigkeit, fremdartige Stoffe in sich aufzunehmen, daraus ihre eignen Bestandtheile, sich zu bilden, das Ueberflüssige und zu ihrer Erhaltung Untaugliche auszuscheiden und durch die Erzeugung neuer, ihnen ähnlicher Organismen sich fortzupflanzen. Die unsichtbare Ursache, welche diesen verschiedenen selbstständigen Thätigkeiten zu Grunde liegt, nennen wir Lebenskraft; der Zustand, in welchem sich diese Thätigkeiten äußern, heißt Leben; die Aeußerung der Lebenskraft selbst aber wird im Allgemeinen als organische oder Lebensthätigkeit bezeichnet.

Wenn im Organismus Lebensthätigkeit bestehen soll, so müssen zu dem organischen Bau noch gewisse Bedingungen hinzukommen, die theils äußere (von der Einwirkung äußerer Potenzen abhängende), theils innere (in dem Bau der Pflanze selbst begründete) sind. Sind alle Bedingungen des Lebens harmonisch vereint, so befindet sich die Pflanze im gesunden und normalen Zustande, und nur die Erforschung dieses Zustandes ist der eigentliche Zweck der Pflanzenphysiologie im engern Sinne.

Erster Artikel.

Von den äußern Bedingungen des Pflanzenlebens.

§. 147.

Zu den äußern Potenzen, deren Einflüsse auf das Pflanzenleben von höchster Wichtigkeit sind, gehören die Wärme, das

Licht, die Elektricität, die atmosphärische Luft, das Wasser und der Boden. Von diesen wirken die drei ersten, welche unwägbar sind und die ganze Masse der Körper (zum Theil, wie das Licht, oder aller, wie die Wärme und Elektricität) zu durchdringen vermögen, blos als erregende Mittel auf die Lebensthätigkeit, während die drei leztern den Pflanzen zugleich die materiellen Nahrungsstoffe darbieten.

§. 148.

Die Wärme nimmt unter allen äußern Lebensbedingungen die erste Stelle ein; denn ohne einen gewissen Wärmegrad ist weder das Keimen der Samen, noch das Wachsthum der Pflanzen möglich. Ihre Einwirkung erstreckt sich sowohl auf die materiellen Stoffe des Pflanzenkörpers und seiner nächsten Umgebung, als auch auf die mit der organischen Thätigkeit in Beziehung stehenden Eigenschaften. Hinsichtlich des ersten Punktes ist es bekannt, daß von den Wärmegraden oder der Temperatur alle chemischen Veränderungen der Stoffe abhängen, indem diese durch eine erhöhte Temperatur beschleunigt; durch eine Verminderung der Wärme aber zurückgehalten werden. Bei höheren Wärmegraden geht die Verdünstung der in den Pflanzen enthaltenen Flüssigkeiten und in deren Folge die Einsaugung derselben rascher vor sich; die in dem Boden enthaltenen organischen Stoffe gehen leichter in Gährung und Fäulniß über und werden schneller in taugliche Nahrungsstoffe verwandelt, während durch die Abnahme der Wärme die Ausdünstung und in demselben Verhältnisse die Einsaugung sich verringert, und die chemische Zersetzung der Nahrungsstoffe langsamer und weniger vollständig von Statten geht. Was den zweiten Punkt betrifft, so erscheint die Wärme ebenfalls von größtem Einflusse auf die Lebensthätigkeit selbst; sie weckt oder beschleunigt die Keimung, die Blüthe, die Befruchtung und die Fruchtreife; durch sie geht die Säftebewegung rascher vor sich, so wie auch die Bildung der nähern Bestandtheile aus dem Nahrungssafte der Pflanze bei gehörig erhöhten Wärmegraden vollständiger geschieht als bei niedriger Temperatur. Die zur Entfaltung und zum Wachsthum erforderlichen Wärmegrade sind für die verschiedenen Pflanzen sehr verschieden, wie die jeder Zone und jedem Klima eigenen Ge-

wächse, ferner die zu sehr verschiedenen Epochen, hinsichtlich der Jahreszeiten, eintretenden Vegetationsperioden derselben beweisen. Von dem wärmern oder kältern Klima sehen wir den Reichthum oder die Armuth der Pflanzenwelt eben so abhängig, als sich das Keimen der Samen, das Ausschlagen der Knospen, das Blühen und die Fruchtreife nach der früher oder später eintretenden Frühlingswärme und nach der darauf folgenden herrschenden Temperatur richtet, wie dann überhaupt die Wachsthumsperiode der allermeisten Pflanzen nur in die wärmeren Jahreszeiten fällt, der Winter aber ein Sinken oder einen gänzlichen Stillstand der Lebensthätigkeit bedingt. Die meisten Pflanzen können nur bei gewissen Wärmegraden ein gedeihliches Wachsthum führen, sie gehen, in ein kälteres Klima verpflanzt, wo es ihnen an der zur Erregung der Lebensthätigkeit nöthigen Wärme gebricht, in einen siechen Zustand über, und bringen, wenn sie auch nicht immer absterben, doch keine Blüthen oder Früchte. Doch giebt es manche, welche auch an ein kälteres Klima sich gewöhnen, dadurch aber oft ihre Natur mehr oder weniger verändern. Dieses gilt namentlich von den Getreidearten, welche, aus mildern Himmelsstrichen stammend, jezt bis weit in den Norden angebaut werden, wo sie aber in dem kurzen Sommer jener Gegenden weit früher ihre Früchte reifen, als in ihrer Heimath. Wie nun der größte Theil der Pflanzen, selbst in nördlichen Ländern, einer höhern Temperatur zu ihrem Wachsthum und zu ihrer Blüthen- und Fruchtbildung bedürfen, so verlangen viele doch auch nur einen sehr niedrigen Wärmegrad zu ihrem Gedeihen, wie die Moose und Flechten, welche sogar großentheils während der wärmern Jahreszeit in eine ähnliche Erstarrung versinken, wie andere Gewächse im Winter. Einige kryptogamische Pflanzen haben zu ihrer Erzeugung und zu ihrem Wachsthum eine so geringe Wärme nöthig, daß z. B. die schneebewohnende Uralge (Protococcus nivalis) auf den Schneefeldern der Polarländer und der hohen Alpen sich ansiedelt, diese oft auf weite Strecken überzieht und so die färbende Materie des rothen Schnees bildet.

Die Wärme wirkt im Allgemeinen am vortheilhaftesten auf die Pflanzen, wenn ein regelmäßiger Wechsel der Temperatur stattfindet und also kühle Tage mit heißen, oder kühle Nächte

mit warmen Tagen abwechseln. Daher erklärt sich zum Theil die üppige Vegetation der Alpengegenden und mehr noch der Tropenländer, wo auf die Hitze der Tage eine bedeutende Kühle der Nächte folgt. Es dürfen jedoch diese wechselnden Wärmegrade nicht zu sehr unter einander abweichen, weil sie sonst eher schädlich wirken; eine anhaltende strenge Winterkälte schadet den Pflanzen viel weniger, als eine starke Kälte, die schnell mit einer großen Wärme abwechselt, wie dieß zuweilen bei uns, namentlich im Frühling, der Fall ist.

Die Pflanzen besitzen keine selbstständige innere Wärme, wie die höher organisirten Thiere, sondern ihre innere Temperatur ist von der Temperatur ihrer nächsten Umgebungen oder der Medien, in welchen sie leben, abhängig; sie unterliegt daher einem gleichzeitigen Wechsel wie diese, wobei sie jedoch nie mit der Temperatur der Luft völlig übereinstimmend ist. Die in der Erde festgewurzelte Pflanze saugt aus dieser beständig die flüssigen Nahrungsstoffe ein, welche, wie der Boden in seiner Tiefe selbst, im Winter wärmer, im Sommer kühler als die Luft sind; die Wärme dieser eingesogenen Flüssigkeiten sucht sich beständig mit der in der Pflanze bereits vorhandenen in Gleichgewicht zu setzen; daher zeigen die Pflanzen im Sommer, wo noch dazu durch die fortwährende Verdünstung von Flüssigkeiten auf ihrer Oberfläche ihre Wärme sich vermindert, eine niedrigere, dagegen im Winter, wo sich die größere Bodenwärme den über der Erde befindlichen Theilen mittheilt, wo ferner die Ausdünstung nur sehr schwach ist, und die Substanz der Pflanze selbst (als schlechter Wärmeleiter) die Wärme zurückhält, eine höhere Temperatur als die umgebende Luft. Der Unterschied ist aber um so geringer, je dünner der über der Erde befindliche Stamm ist, wo also die Wärme des leztern sich leichter mit der Temperatur der Luft im Gleichgewicht setzen kann *). Nur in sehr wenigen Fällen hat

*) Schübler (über die Temperatur der Vegetabilien) hat beobachtet, daß in dem Stamme eines Baums von 2 Fuß Durchmesser am heißesten Sommertage und am kältesten Wintertage des Jahres die Temperatur um 7 bis 8° R. von der Temperatur der Luft verschieden ist, während der Unterschied bei dünnern Bäumen nur wenig über 1° bis $1\frac{1}{4}$° R. beträgt. Am heißesten Sommertage zeigte nämlich das Innere des Stammes im lezten Falle (um 2 Uhr Nachmittags) eine Temperatur

man eine selbstständige Wärmeentwicklung der Pflanzen während der Blüthezeit beobachtet, wie wir später erfahren werden.

§. 149.

Die Einwirkung des Lichtes ist ebenfalls eine der wichtigsten Bedingungen des Pflanzenlebens; das Sonnenlicht übt eine mächtige Wirkung auf die Einsaugung und Aushauchung, so wie auf die Verdauung und Respiration der Gewächse aus, und erregt die Lebensthätigkeit dergestalt, daß alle Verrichtungen derselben kräftiger erscheinen. Nur zur ersten Anregung des Keimens scheint das Licht, wo nicht immer ganz entbehrlich, doch minder nothwendig zu seyn, als Wärme, Luft und Wasser, da die meisten Samen wenigstens im Schatten schneller keimen als bei starkem Lichte. Nach der ersten Keimung ist aber der Zutritt des Lichtes zum Gedeihen der jungen Pflanze unerläßlich, und ebenso bedürfen desselben die meisten erwachsenen Pflanzen, wenn sie gesund und kräftig bleiben sollen. Die Wirkung des Sonnenlichtes auf die Pflanzen giebt sich schon in vielen äußern Erscheinungen kund; so richten sich die Zweige und Blätter der in einem Zimmer stehenden Gewächse nach dem durch die Fenster einfallenden Lichte; Pflanzen, welche an schattigen oder finstern Orten gekeimt haben, wachsen immer nach der Richtung hin, wo sie das Licht treffen kann; daher verlängern sich die in Kellern getriebenen Kartoffelpflanzen oft weit über ihre gewöhnliche Größe, um durch die Kellerlöcher an das Tageslicht zu gelangen. Von Natur grüne Pflanzen erhalten ihre grüne Farbe nur dann, wenn sie dem Einflusse des Lichtes ausgesezt sind, und das Grün ihrer Blätter erscheint in der Regel um so gesättigter, je freier das Sonnenlicht auf sie einzuwirken vermag; im Schatten oder überhaupt an Stellen, wo das Licht nur sparsam einfallen kann, wird die grüne Farbe blässer, und an finstern Orten erscheint die ganze Pflanze bleich, indem sie eine gelbliche oder weiße Farbe annimmt.

Da durch die Einwirkung des Lichtes alle Verrichtungen des Organismus erhöht werden, so erscheinen bei den Pflanzen der

---

von + 23,0° R. bei + 24,5° der Luftwärme, und am kältesten Wintertage (Morgens), wo die Lufttemperatur — 15,2° hatte, stand das in den Baum eingesenkte Thermometer gleichzeitig auf — 14,0° R.

nämlichen Art die nähern Bestandtheile vollständiger ausgebildet, sind die Flüssigkeiten concentrirter, die festen Theile solider und in einem größern Mengenverhältniß vorhanden, wenn jene Einwirkung ungehindert stattfinden kann, während an schattigen und finstern Standorten die flüssigen Bestandtheile mehr wässerig und die festen Theile weicher und in geringerer Menge ausgebildet werden. Daher besitzen die Pflanzen, welche dem Lichte entzogen sind, auch einen schwächern Geruch und einen mehr wässerigen Geschmack, was besonders von ihren Früchten gilt, wenn sie deren überhaupt unter diesen der Vegetation ungünstigen Verhältnissen ansetzen.

Dabei giebt es aber doch auch Pflanzen, welche ihrer Natur nach nur im Schatten wachsen, und diese zeichnen sich großentheils durch den Mangel der grünen Farbe aus, wie die Ohnblatt-Arten (Monotropa), die gemeine Schuppenwurz (Lathraea Squamaria), die Vogelnest-Ragwurz (Epipactis Nidus avis) und mehrere andere Orchideen (Corallorhiza innata, Limodorum abortivum etc.); doch giebt es auch Ausnahmen von dieser Regel, und manche Schattenpflanzen, wie der gemeine Waldmeister, die Einbeere (Paris), die Haselwurz (Asarum), viele Farne, Moose und Lebermoose, besitzen eine mehr oder weniger gesättigt grüne Farbe; manche der leztern, die gerne in Höhlen wachsen, in welche das Sonnenlicht nur spärlich oder gar nicht eindringen kann, wie Trochostega osmundacea, Mnium androgynum, mehrere Hypnum-Arten und Jungermannien, behalten sogar an diesen finstern Standorten ihre grüne Farbe bei, während umgekehrt gewisse, an freien, sonnigen Standorten wachsende Pflanzen, wie die Sommerwurz-Arten (Orobanche), stets eine bleiche oder bräunliche Färbung zeigen. Daraus folgt, daß der Grad des Lichtes, dessen die Pflanzen zu ihrem Gedeihen bedürfen, nach der verschiedenen Natur derselben, sehr verschieden ist; und daß es auch Pflanzen giebt, die ohne alles Licht entstehen und leben können, beweisen die im Innern abgestorbener Pflanzentheile, z. B. in Früchten, sich erzeugenden Schimmel-Arten, so wie die in den tiefen Schachten der Bergwerke wachsenden Pilze, welche nicht immer eine blasse, sondern häufig auch eine dunkle, aber nie eine grüne Farbe haben.

Von der Wirkung des Lichtes hängt größtentheils auch der

periodische Wechsel der Richtung der Blätter, so wie des Oeffnens und Schließens der Blüthen ab, welchen man als das Wachen und den Schlaf der Pflanzen zu unterscheiden pflegt. Bei den Blättern besteht dieser Wechsel darin, daß sie bei Tag am Sonnenlichte ihre obere Fläche demselben zukehren, mit Sonnenuntergang aber sich entweder herabbiegen oder aufwärts richten und an den Stamm oder Blattstiel anlegen, so daß nun die untere Fläche nach Außen gekehrt ist. Die Blumen öffnen und schließen sich zu bestimmten Stunden des Tages; die meisten breiten sich Morgens aus und schließen sich wieder des Abends, manche öffnen sich nur bei völlig heiterem Himmel, wie die Blüthen der Sauerklee-Arten vom Kap, der Regen- und Bastard-Ringelblume (Calendula pluvialis, C. hybrida) und vieler Zaserblumen (Mesembryanthemum); andere sind nur in den Nachmittagsstunden offen, wie die Blüthen mehrerer Arten der zulezt genannten Gattung (Mesembr. pomeridianum, M. dolabriforme etc.) und der gem. Wunderblume (Mirabilis Jalappa); noch andere, welche eine starke Einwirkung des Sonnenlichtes nicht vertragen können, öffnen sich erst in den Abendstunden und sind den übrigen Tag über geschlossen, wie viele Nachtkerzen (Oenothera), Leimkräuter (Silene); verschiedene Fackeldisteln (Cactus grandiflorus, C. triangularis) blühen nur während der Nacht. Wärme und Feuchtigkeit scheinen in vielen Fällen nur geringen Einfluß auf den Schlaf der Pflanzen, wenigstens der Blätter auszuüben, da diese auch bei verschiedener Temperatur regelmäßig ihre Richtung zur bestimmten Zeit wechseln; doch will man bemerkt haben, daß bei niedriger Temperatur, unter gleicher Einwirkung des Lichtes, die Blätter etwas später aufwachen und früher einschlafen als bei warmer Witterung. Uebrigens ist der Schlaf der Blätter um so mehr bemerkbar, je zärter ihr Bau ist und je mehr sie zusammengesezt sind, daher am deutlichsten wahrzunehmen bei den gefiederten Blättern der Hülsenpflanzen, namentlich der Mimosen und Acacien, von welchen einige so empfindlich sind, daß sie bei der blosen Berührung der Blattstiele ihre Fiederblättchen wie zum Schlafe zusammenlegen, wodurch es das Ansehen gewinnt, als seyen sie mit Empfindung begabt; daher hat man ihnen den Namen Sinnpflanzen gegeben. Daß auch auf die langsamen,

aber andauernden Bewegungen der Blättchen des beweglichen Süßklees (Hedysarum gyrans) das Licht nicht ohne Einfluß sey, ist sehr wahrscheinlich.

Auch das Mondlicht scheint nach mehreren Beobachtungen einen, wenn gleich schwachen, Einfluß auf die Pflanzen auszuüben, und in einem sehr verstärkten Lampenlichte sah De Candolle ähnliche Wirkungen auf die Pflanzen hinsichtlich des Wachens und Schlafes erfolgen, wie in dem Sonnenlichte *).

Mehrere Erfahrungen lassen auch auf eine selbstständige Lichtentwicklung bei den Pflanzen schließen. Man hat nämlich an gewissen Pflanzen in ihrem lebenden Zustande die Fähigkeit, im Dunkeln zu leuchten, wahrgenommen. Dieses Leuchten ist bald schnell vorübergehend, bald längere Zeit andauernd. Einen blitzähnlichen Schein hat die Tochter Linné's zuerst auf den Blüthen der Kapuzinerkresse (Tropaeolum majus) in der Dämmerung, an warmen Abenden, beobachtet und beschrieben. Eben so wurde zuweilen an warmen, heitern Sommerabenden ein blitzartiges Leuchten vorzüglich auf gelben und rothen Blumen gesehen, wie namentlich bei der großen Sonnenblume (Helianthus annuus), der Garten-Ringelblume (Calendula officinalis), den Sammetblumen (Tagetes erecta und T. patula), der scharlachrothen und Feuerlilie (Lilium chalcedonicum und L. bulbiferum), der Tuberose (Polyanthes tuberosa), und in neuerer Zeit bei dem morgenländischen Mohn (Papaver orientale), wo das Leuchten der Blume

---

*) De Candolle (Physiologie végétale. III. p. 1070) giebt an, daß es ihm gelungen sey, durch ein starkes, dem Tageslicht an Helle fast gleichkommendes Lampenlicht, die Zeit des Wachens und Schlafens bei einigen Pflanzen umzukehren, und bei einer Sinnpflanze und einer Wunderblume, welche den Tag über im Finstern gehalten, über Nacht aber einem sehr hellen Lampenlicht ausgesezt wurden, brachte er es dahin, daß, gegen ihre Gewohnheit, die erstere ihre Blätter am Abend ausbreitete und die leztere ihre Blüthen am Morgen öffnete. Wird eine Sinnpflanze ununterbrochen der Einwirkung des Lichtes ausgesezt, so behalten ihre Blätter den Wechsel des Schließens und der Ausbreitung bei; aber die Bewegungen erfolgen rascher, wie wenn die Pflanze in einem beständigen Fieberzustande sich befände; dagegen zeigen manche Pflanzen in dieser Hinsicht nur eine geringe Empfänglichkeit für den Lichteinfluß, wie die Sauerklee-Arten und Cistrosen.

mehrere Minuten lang anhielt. Dieses schnell vorübergehende Leuchten scheint sich der Erzeugung des elektrischen Funkens ähnlich zu verhalten, und ist vielleicht als die Folge einer stärkern elektrischen Spannung zu betrachten, welche bei einer erwärmten, trocknen Atmosphäre in der Pflanze eintritt.

Davon verschieden ist das stete, längere oder kürzere Zeit anhaltende Leuchten, welches auch an lebenden Pflanzen vorkommt. So leuchtet der scharfe Milchsaft der phosphorescirenden Wolfsmilch (Euphorbia phosphorea *Mart.*) in Brasilien, wenn er bei der Verletzung der Pflanze ausfließt, mehrere Sekunden lang. Die Blätter der gemeinen Kermesbeere (Phytolacca decandra) wurden einmal (von Szüts) Nachts drei Stunden lang bald mit blaugrünem, bald mit gelbgrünem Lichte gesehen, je nachdem der Luftzug stärker oder schwächer war, und sie blieben auch nach dem Abwischen noch leuchtend *). Ein lang anhaltendes Leuchten zeigen vorzüglich manche kryptogamische Zellenpflanzen. Mehrere bei Montpellier wachsende Conferven sah Ducluzeau leuchten. Vorzüglich sind aber unter den Pilzen leuchtende Pflanzen beobachtet worden. Dahin gehören die in Bergwerken wachsende unterirdische Rhizomorphe (Rhizomorpha subterranea), wo sich das Leuchten am ganzen Gewächs, jedoch am lebhaftesten an den jüngern, weißlichen Triebspitzen und überhaupt bei jüngern Pflanzen zeigt, an nassen, warmen Orten der Gruben stärker ist als an trocknen, kühlern, auch durch Erwärmen und Einschließen der Pflanze in Sauerstoffgas sich verstärken läßt; ferner leuchtet der blaue Warzenpilz (Thelephora caerulea *Schrad.*) oder vielmehr das fadige Gewebe (Unterlager) desselben in seinem jugendlichsten Zustande **). Das größte der leuchtenden akotyledonischen Gewächse

---

*) Diese Erscheinung, welche in Trommsdorff's Journal der Pharmac. 8. 2. S. 54 beschrieben ist, wurde seitdem von Niemanden wieder beobachtet.

**) Die fadigen Gewebe, welche die erste Entwicklungsstufe der Hutpilze darstellen, wurden oft fälschlich für eine vollständig ausgebildete Pflanze gehalten und als selbstständige Arten beschrieben. Daher finden wir auch das leuchtende Unterlager (S. 116) des genannten Warzenpilzes unter verschiedenen Namen (Byssus phosphorea *Linn.*, Auricularia phosphorea *Sowerb.*, Mycinema phosphoreum *Ag.*, Dematium violaceum *Pers.*) bei den Autoren aufgeführt.

ist aber der Blätterpilz des Oelbaums (Agaricus olearius), welcher im südlichen Europa nicht blos auf den Wurzeln des Oelbaums, sondern auch an andern Bäumen und Sträuchern wächst; bei diesem giebt die untere mit den Lamellen besezte Fläche des Hutes, während der Nacht, einen starken, anhaltenden Schein von sich, und auch die kleinsten Stückchen, welche beim Berühren des Pilzes an den Fingern kleben bleiben, behalten ihre leuchtende Eigenschaft noch längere Zeit bei; wird dagegen der Pilz bei Tag an einen finstern Ort gebracht, so stellt sich (nach Delille) das Leuchten nicht ein. Dieses anhaltende Leuchten lebender Pflanzen rührt wahrscheinlich (nach L. Gmelin) von einer in denselben sich erzeugenden, bei gewöhnlicher Temperatur mit Lichtentwicklung verbrennbaren Materie her, die jedoch nicht sowohl Phosphor, als vielmehr eine Kohlenstoff und Wasserstoff haltende Verbindung seyn möchte. Von mehreren Pilzen ist es erwiesen, daß sie wirklich diese Stoffe vorzüglich aushauchen *).

---

*) Es sind noch einige, weniger ausgezeichnete Fälle von leuchtenden Pflanzentheilen bekannt. So wurden einmal Kartoffeln kurz vorher, ehe die Augen auszuwachsen begannen, beim Durchschneiden leuchtend gesehen; eben so sollen frische Baldrian- und Tormentillwurzeln, auch Kürbisse bisweilen leuchten.

Mit diesem Leuchten lebender Pflanzen und Pflanzentheile ist nicht das Leuchten abgestorbener, in Verwesung übergehender Pflanzentheile, z. B. des faulen Holzes, zu verwechseln, wo der leuchtende Stoff als eine aus der Zersetzung der ursprünglichen Bestandtheile hervorgegangene, eigenthümliche Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zu betrachten ist, welche auf ähnliche Weise, wie der Phosphor, bei gewöhnlicher Temperatur verbrennt, und dabei viel Licht, aber wenig Wärme entwickelt. Auch bei dem Torf, der aus abgestorbenen Pflanzentheilen sich erzeugt und zuweilen phosphorescirt, scheint etwas Aehnliches vorzugehen.

Der smaragdgrüne Schimmer, welcher auf dem in kleinen Erdhöhlen wachsenden Räderdeckelmoos (Trochostega — Schistostega *Auct.*) beobachtet wird und (von Bridel) einer dieses Moos angeblich überziehenden Alge (Catoptridium smaragdinum, Protococcus smaragdinus *Ag.*) zugeschrieben wurde, wird nach Unger's sehr genauen Beobachtungen (Allgem. bot. Zeit. 1834. I. 33—39) durch die kugeligen, aneinander gereiheten Zellen des confervenähnlichen Vorkeims dieser Pflanze erzeugt, und besteht nicht in einer wirklichen Lichtentbindung, sondern rührt lediglich von der Brechung und Zurückwerfung des einfallenden Tageslichtes her.

In Bezug auf das blitzähnliche Leuchten des Papaver orientale be-

§. 150.

Daß die Elektricität einen wichtigen Einfluß auf das Pflanzenleben ausübe, ist nicht zu bezweifeln; aber über die Art, wie dieselbe wirkt, und über die Grenzen, wie weit sich diese Wirkung erstreckt, fehlt uns jezt noch die nöthige Aufklärung. Daß die lebenden Pflanzen der in der Atmosphäre und im Boden sich ansammelnden freien Elektricität zum Leiter dienen, ist allgemein bekannt, da Jedermann weiß, wie leicht, besonders freistehende, Bäume vom Blitze getroffen werden, welchen sie, wie man zu sagen pflegt, anziehen. Die wohlthätige Wirkung der Gewitterregen auf die Vegetation scheint zum Theil mit von der in der Atmosphäre alsdann herrschenden elektrischen Spannung abzuhängen. Auch will man beobachtet haben, daß während der Zeit, wo sich Gewitter zusammenziehen, und kurz vor deren Ausbruch die Stengel und jungen Triebe gewisser Pflanzen weit höher aufschießen, als dieß außerdem in der gleichen Zeit geschieht, so wie, daß gewisse Samen in einer mit Gewitter überladenen Atmosphäre schneller keimen als gewöhnlich; selbst eine reichlichere Ausscheidung des Honigsaftes in den Blüthen will man während der stärkern elektrischen Spannung der Atmosphäre wahrgenommen haben. Umgekehrt soll bei starkem Wetterleuchten das Getreide in Niederungen verbleichen und der Buchweizen taubblühen; die eßbaren Blätterpilze oder Champignons (Agaricus campestris) sollen im Freien gezogen durch die Gewitter leicht getödtet, jedoch dadurch vor denselben geschüzt werden, daß man sie in Kellern oder in andern geschlossenen Vertiefungen unter der Erde erzieht. Obgleich diese und mehrere

---

merkt Göthe (vergl. Kastner, Archiv f. Chem. und Meteorol. Bd. VII. S. 181), daß dieses Phänomen auf einer optischen Täuschung beruhe, indem nur dann, wenn man in der Dämmerung, wo das Auge völlig ausgeruht und empfänglich ist, aus dem Augenwinkel hinschielt, diese momentane Doppelerscheinung entsteht, wo der scheinbare Blitz das Bild der (hochrothen) Blume mit der geforderten (complementären) sehr hellgrünen Farbe sey. Dagegen giebt J. Green (Magazine of natural history. Loud. 1832. T. V. p. 208) an, daß er einen dem Ansehen nach elektrischen Schein mehrere Minuten lang auf der Blume dieser Pflanze beobachtet habe.

andere hier einschläglichen Beobachtungen nicht immer eine volle Zuverläßigkeit besitzen, da die für die Vegetation günstigen oder ungünstigen Erfolge wenigstens zum Theil auch von andern, die elektrische Spannung und Entladung der Atmosphäre begleitenden Umständen abhängen können, so dienen sie doch, um im Allgemeinen den Einfluß der atmosphärischen Elektricität auf die Pflanzen außer Zweifel zu setzen.

Aus der wiederholten Verzweigung und den zahlreichen Spitzen, welche die Pflanzen, namentlich die Bäume und Sträucher, dadurch und durch ihre Belaubung der Luft darbieten, wird es erklärlich, wie dieselben in einem hohen Grade die Fähigkeit besitzen mögen, die Luftelektricität anzuziehen; auch ist es in mehreren (von De Saussüre, Astier und Bruno angestellten) Versuchen geglückt, sogar elektrische Funken aus den Dornen und Stacheln der Pflanzen zu ziehen, welches dafür spricht, daß sich die Elektricität bis zu einem gewissen Grade in den Pflanzen auch ansammeln könne. Besonders aber führen zahlreiche Erfahrungen zu dem Schlusse, daß in der lebenden Pflanze, wie in der ganzen, besonders organischen Natur, die durch Berührung verschiedenartiger Korper (bei Gegenwart von feuchten, chemisch zerlegbaren Leitern) erregbare Elektricität, welche man als Galvanismus zu unterscheiden pflegt, in steter Wirksamkeit seyn müsse. Nur aus der durch die Lebenskraft geleiteten, elektro-chemischen Thätigkeit wird das während des ganzen Pflanzenlebens unaufhörlich stattfindende Bilden und Umbilden der Stoffe erklärlich, und auch bei vielen andern Verrichtungen der Lebensthätigkeit, wie bei dem Vorgang der Befruchtung, scheint eine polarische Spannung, ähnlich der Spannung der entgegengesezten Elektricitäten, in der Pflanze erzeugt zu werden. Wiewohl nun Diejenigen offenbar zu weit gehen, welche das Pflanzenleben selbst nur für einen rein galvanischen Prozeß ausgeben wollen, da eine Menge von Erscheinungen und Bildungen des Pflanzenlebens durch die blose Wirkung des Galvanismus nicht hervorgebracht werden können, so ist es doch mehr als wahrscheinlich, daß die Lebenskraft vermittelst der, aller Materie einwohnenden, elektrochemischen Eigenschaften hauptsächlich ihre Thätigkeit ausübe. Wir finden bei Vergleichung der nähern Bestandtheile der Pflanzen, daß die chemische Verwandtschaft der Grundstoffe auf eine solche Weise

von der Lebensthätigkeit geleitet werde, daß daraus ganz andere Verbindungen hervorgehen, als in der unorganischen Natur, wo der chemische Prozeß für sich blos nach den verschiedenen Verwandtschaftsgraden erfolgt. Es läßt sich jedoch schon aus einigen allgemeinen Verrichtungen die Vermuthung schöpfen, daß sich die Pflanzen beständig in einer elektrischen Spannung zu erhalten vermögen, wie unter andern und namentlich durch die ununterbrochene reichliche Ausdünstung, wodurch das Eindringen der Flüssigkeit in die Wurzeln und ihr Aufsteigen durch den Stamm in die Blätter begünstigt wird. Es muß aber diese stete Erregung der Elektricität einen großen Einfluß auf die Veränderung und Ueberwältigung der chemischen Verwandtschaft der in der Pflanzennahrung enthaltenen Grundstoffe ausüben und somit die Elektricität eine wichtige Rolle in dem Assimilationsprozesse der Pflanzen spielen. *)

§. 151.

Die Einwirkung der atmosphärischen Luft auf die Pflanzen ist schon daraus ersichtlich, daß diese, so weit sie über dem Boden befindlich, von Luft umgeben sind. Diese wird aber, wie bei den warmblüthigen Thieren, nur vermöge ihres Sauerstoffgehaltes zur Bedingung des Pflanzenlebens, wobei gerade das Verhältniß, in welchem der Sauerstoff in der Luft enthalten ist, dem Bedürfnisse und Gedeihen der Gewächse am besten entspricht. Schon das Keimen der Samen kann ohne die Gegenwart der Luft (d. h. von Sauerstoffgas) nicht vor sich gehen; im luftleeren Raum oder zu tief unter der Erde, von allem Zutritt der Luft ausgeschlossen, keimen keine Samen, und wenn sie auch in andern Medien (in Wasserstoffgas, Stickgas, kohlensaurem Gas,

*) Es sind, außer den angeführten, noch viele Beobachtungen und Versuche hinsichtlich des Einflusses der Elektricität auf die Pflanzen bekannt gemacht worden; sie wurden aber hier geflissentlich mit Stillschweigen übergangen, weil manche derselben sehr unzuverläßig sind, andere dagegen zu ganz widersprechenden Resultaten geführt haben. Die Ursache davon mag zum Theil in der bald schwächern, bald stärkern Wirkung der angewendeten Elektricität, hauptsächlich aber in der großen Schwierigkeit überhaupt liegen, in dieser Beziehung die Beobachtungen sicher zu leiten und stets gleichförmig zu wiederholen.

in Oel, in ausgekochtem, unter einer Glasglocke von der Luft abgesperrtem Wasser) meist einen Anfang des Keimens zeigen, so sterben sie dann sehr bald ab. Erwachsene Pflanzen bedürfen ebenso der steten Einwirkung des Sauerstoffs zu ihrem Gedeihen, welchen sie hauptsächlich aus der Luft aufnehmen; dabei wirkt aber ein Uebergewicht an Sauerstoff oder reines Sauerstoffgas, wie bei den Thieren, nur einige Zeit günstig und schadet dann durch Ueberreizung um so mehr, je weniger die Pflanzen dem Licht ausgesezt sind. Daß auch die Pflanzen den andern Bestandtheil der Luft, nämlich Stickstoff in sich aufnehmen, beweisen die sehr allgemein in denselben vorkommenden stickstoffhaltigen Verbindungen; ob sie aber ihren Stickstoff hauptsächlich aus der Atmosphäre schöpfen und ob die in den großen Luftgängen des Zellgewebes (z. B. der Sumpf- und Wasserpflanzen) enthaltene Luft in ihrer Zusammensetzung mit der atmosphärischen Luft übereinstimme, ist nicht ausgemacht.

Außer der chemischen Einwirkung übt aber auch die Luft noch eine mechanische Wirkung auf die Pflanzen aus. Diese besteht in der Bewegung der Luft oder dem Winde. Aus mehreren entscheidenden Versuchen ist es (namentlich von Knight) dargethan worden, daß die durch den Wind verursachte Bewegung der Pflanzen ihrem Wachsthum und Gedeihen zuträglich ist, indem dadurch die Ausdünstung vermehrt und die Bewegung der Säfte in ihrem Innern beschleunigt wird; auch werden durch den Wind die von der Pflanze ausgedünsteten und zu ihrer Ernährung untauglichen Stoffe fortgeführt. Daher ist die stagnirende Luft in Treibhäusern der Gesundheit der Pflanzen so hinderlich, während ein bei jeder günstiger Witterung gestatteter Luftzug sehr wohlthätig auf sie wirkt. Knight fand, daß ein durch künstliche Mittel in vollkommener Ruhe erhaltener Baum in einer bestimmten Zeit ein weit geringeres Wachsthum zeigte, als ein freistehender.

Endlich wird die Luft noch dadurch für das Pflanzenleben wichtig, daß sie der Träger mancher andern Stoffe ist, welche auf dasselbe Einfluß zeigen. So findet sich der atmosphärischen Luft immer eine veränderliche Menge Kohlensäure beigemischt, welche durch das Athmen von Menschen und Thieren, so wie

durch die Zersetzung abgestorbener Pflanzen unaufhörlich erzeugt, und von den lebenden Pflanzen absorbirt und zersezt wird. Von größter Wichtigkeit ist ferner das in der Luft zu allen Zeiten, aber ebenfalls in sehr veränderlichem Verhältnisse, enthaltene Wasser, welches bald als unsichtbarer Dunst, bald als Wolken und Nebel vorhanden ist, und, wenn es sich noch mehr verdichtet, als Thau und Regen aus der Atmosphäre niederfällt. Durch einen herrschenden feuchteren Luftzustand ist in der Regel die größere Fruchtbarkeit einer Gegend im Allgemeinen bedingt, während eine fortdauernd sehr trockene Luft nachtheilig auf die Vegetation wirkt; daher gewöhnlich auf Inseln ein üppigeres Wachsthum angetroffen wird, als im Innern des Continentes. Doch ist die Wirkung der Luftfeuchtigkeit nicht bei allen Pflanzen gleich; während manche, wie die meisten Gräser, sie nicht entbehren können, bedürfen ihrer andere, wie die saftigen Pflanzen, der Oelbaum und Weinstock weit weniger; wiewohl bei einer absoluten Trockenheit der Luft wahrscheinlich kein Gewächs längere Zeit sein Leben fristen könnte. Auch allerlei andere Stoffe können, in Staub- und Dampfgestalt in der Luft schwebend erhalten und durch dieselbe den Pflanzen zugeführt, eine günstige oder nachtheilige Wirkung auf dieselben ausüben, und manche Bestandtheile, die in der Pflanzenasche sich finden und welche die chemische Analyse bis jezt nicht in dem Boden, worin die Pflanzen gewachsen, nachweisen konnte, mögen diesen durch die Luft im staub- und dampfförmigen Zustande zugeführt worden seyn. *)

---

*) Daß den Pflanzen durch die Luft auch andere Stoffe außer dem Wasser, welches jedoch selbst schon manche derselben aufgelöst enthalten kann, zugeführt werden, beweisen manche Strandpflanzen, wie die Salzkräuter (Salsola), welche, auch in ziemlicher Entfernung von der Seeküste angepflanzt, dennoch Soda liefern, wenn die Felder dem Seewinde ausgesezt sind, dagegen wenig oder keine Natronsalze enthalten, wenn sie an Stellen wachsen, die ganz vor diesem Winde geschüzt sind. Hier muß also die Luft die Salztheile des Seewassers mit sich führen und an den Stellen, wo die genannten Pflanzen wachsen, absetzen. Dadurch wird es auch (nach De Candolle) erklärlich, wie gewisse Strandpflanzen, z. B. Crithmum maritimum und Inula crithmifolia, auf den hohen Felsen der Meeresküste, wo sie das Meerwasser nicht erreichen kann, dennoch gedeihen. Auf den kanarischen Inseln wird (nach v. Buchs Nachrichten) auf den dürresten Sandfeldern das Eiskraut (Mesembryan-

§. 152.

Wie wichtig und nothwendig das Wasser für das Leben und Gedeihen der Pflanzen sey, ist schon (S. 123) angedeutet worden. Ohne die Gegenwart desselben kann kein Same keimen, wenn auch alle übrigen äußern Bedingungen des Lebens die günstigsten sind, und daß überhaupt kein Pflanzenwachsthum ohne Wasser bestehen kann, ist so allgemein bekannt, daß es überflüssig wäre, dessen Wichtigkeit für das Pflanzenleben noch weiter erweisen zu wollen. Es war auch nöthig, daß für die Pflanzen, welchen das Vermögen einer freiwilligen Ortsveränderung mangelt, ein allgemein verbreiteter Stoff bestehe, welcher ihnen nicht blos als Nahrungsstoff dienen, sondern auch alle übrigen, zu ihrer Ernährung tauglichen Stoffe in sich aufnehmen und denselben zuführen könne.

Das Wasser wird von den Pflanzen nicht nur aus der Erde, durch die Wurzeln, sondern auch aus der Luft durch die Blätter

---

themum crystallinum), behufs des Sodabrennens, in großer Menge gezogen, welches hier ebenfalls seinen Gehalt an Natronsalzen nur dem aus der See von dem Winde herbeigeführten, mit seinen Salztheilen noch geschwängerten Wasserstaube verdankt. Ueber die schädlichen Einflüsse anderer, zufällig in der Luft enthaltener Stoffe, so wie verschiedener Gasarten, sind ebenfalls Erfahrungen gesammelt worden. So weiß man unter andern, daß der Rauch immer nachtheilig auf lebende Pflanzen wirkt, und daß seine Wirkung sehr zerstörend werden kann, wenn er die Gewächse in einem verschlossenen Raume (in Zimmern oder Treibhäusern) trifft, wo er in geringerer Menge das Abfallen der Blätter verursacht, in größerer Menge aber in kurzer Zeit die jungen Triebe schwärzt und tödtet. Die sauern und scharfen Dämpfe, welche aus chemischen Fabriken entweichen, wirken auf die Pflanzen in deren Nachbarschaft immer zerstörend. Eine zu große Anhäufung von Kohlensäure wirkt eben so nachtheilig auf das Leben der Pflanzen, wie auf das der Thiere. Wasserstoffgas findet sich nie in solcher Menge in der freien Luft, daß es einen merklichen Einfluß auf die Vegetation äußern könnte. Es scheint aber so wenig, wie das reine Stickgas, von den Pflanzen ertragen zu werden. Merkwürdig ist die Beobachtung (von v. Humboldt), daß in den finstern Schachten der Bergwerke, wo sich zuweilen das Wasserstoffgas in großer Menge angesammelt findet, die Pflanzen darin eine Zeitlang bestehen können und sogar ihre grüne Farbe wie im Sonnenlichte beibehalten; wahrscheinlich dadurch, daß der Wasserstoff in denselben, auf ähnliche Weise wie das Licht, die Ausscheidung des Sauerstoffes begünstigt.

und krautigen Theile überhaupt aufgenommen, und da dasselbe in keinem Falle, wo es sich in der freien Natur findet, rein angetroffen wird, sondern mit atmosphärischer Luft, Kohlensäure und auflöslichen mineralischen, vegetabilischen und thierischen Stoffen geschwängert vorkommt, so führt es immer einen gewissen Antheil von Nahrungsstoffen den Pflanzen zu, mag es nun aus der Erde oder aus der Luft von ihnen aufgenommen werden.*) So wie demnach das Wasser als das wichtigste Auflösungsmittel der festen Nahrungsstoffe erscheint, so wirkt es auch auf die festen Theile des Pflanzenorganismus wohlthätig ein, indem es dieselben feucht, biegsam und ausdehnbar erhält, wodurch allein die Aufnahme und die Verbreitung der flüssigen Nahrungsstoffe im Innern der Pflanze möglich wird. Von dem in die Pflanzen einmal aufgenommenen Wasser bleibt ein Theil in seinem flüssigen, unveränderten Zustande in denselben, ein Theil entweicht durch die ununterbrochene Ausdünstung aus der Oberfläche wieder in die Luft, und ein anderer Theil wird durch die Lebenskraft zersezt und geht, in mannigfaltigen Verhältnissen mit den übrigen, in den aufgenommenen Nahrungsstoffen enthaltenen Elementen (namentlich mit dem Kohlenstoff und Stickstoff) verbun-

---

*) Daß selbst destillirtes Wasser niemals ganz chemisch rein dargestellt werden könne, ist (von H. Davy, Pfaff u. a.) erwiesen. Daher erklärt es sich, wie Pflanzen, in einem aller auflöslichen Stoffe ermangelnden Boden gezogen, nicht nur durch Begießen von gewöhnlichem Wasser Jahre lang am Leben und im Wachsthum erhalten werden, sondern sogar durch Begießen mit destillirtem Wasser bis zu einem gewissen Punkte bestehen können, da auch das destillirte Wasser wenigstens noch einen geringen Antheil an Kohlensäure, und somit die drei zur Bildung der meisten nähern Bestandtheile der Pflanze nöthigen Grundstoffe (Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff) enthält. Bedenkt man ferner, daß Pflanzen nur beim Zutritt der Luft gedeihen, daß aber die leztere stets eine Menge von Stoffen, in Staub- und Dampfgestalt in ihr schwebend, enthält und den Pflanzen in jedem Augenblicke zuführen kann, so wird es nicht mehr so unerklärbar erscheinen, wie die durch bloßes Begießen, selbst mit destillirtem Wasser, erzogenen Pflanzen beim Einäschern auch die übrigen, ihnen von Natur zukommenden Grundstoffe (Erden, Salze ꝛc.) liefern können, ohne daß man seine Zuflucht zu der von manchen Physiologen vertheidigten Hypothese zu nehmen braucht, daß nämlich die Pflanzen aus reinem Wasser, unter dem alleinigen Einflusse von Sauerstoff und Licht, alle ihre nähern und entferntern Bestandtheile sich sollen bilden können.

den, in die nähern Bestandtheile der Pflanze über. Diese kurzen Andeutungen mögen genügen, um uns einen Begriff von der wichtigen Rolle zu geben, welche das Wasser bei der Ernährung der Pflanzen spielt.

§. 153.

Der Boden gehört schon in so fern zu den äußern Lebensbedinguugen der Pflanzen, als diese seiner bedürfen, um sich anzuheften und in demselben zu wurzeln. In vielen Fällen dient er zwar den Gewächsen blos als Mittel zu ihrer Befestigung und zur Behauptung ihres Standortes, wie die festen Gesteine und die abgestorbenen Baumrinden den Flechten, die Klippen, Muschelschalen u. s. w. den Algen; weit häufiger aber bildet er zugleich die Vorrathskammer für die Ansammlung und Aufbewahrung der Nahrungsstoffe. Ohne uns hier länger bei dem Wasser, in so fern dasselbe einer Anzahl von schwimmenden, nicht festgewurzelten Gewächsen zum Boden dient, länger aufzuhalten, und an die Gewächse selbst, welche einer Menge von Schmarotzerpflanzen nicht allein Anheftung, sondern auch Nahrung gewähren, einstweilen nur erinnernd, wollen wir den Boden in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes, oder die feste Oberfläche der Erde, soweit dieselbe mit den Pflanzen in Berührung und Wechselwirkung steht, hinsichtlich ihres Einflusses auf das Pflanzenleben etwas näher betrachten.

Die Erklärung über die Entstehung und Bildung der verschiedenen Bodenarten aus den ursprünglichen Felsmassen, durch deren fortwährende Verwitterung, liegt außer dem Zwecke dieses Lehrbuches und gehört in das Gebiet der Geologie. Dagegen wird eine gedrängte Uebersicht der physischen und chemischen Beschaffenheit des Bodens, so weit dieselbe auf die Vegetation von vorzüglichem Einfluß ist, zum Verstehen mancher Lebenserscheinungen nicht ohne Nutzen seyn. Unter den physischen Eigenschaften des Bodens kommt zuerst der verschiedene Aggregationszustand desselben, welcher auf der mehr oder weniger vollständigen Zersetzung der Felsarten beruht, in Betrachtung. Hiernach kann man unterscheiden: Gerölle und Geschiebe, welche als Trümmer unterliegender und benachbarter Felsarten, von einer unvollständigen Zersetzung derselben herrührend, an sich ein Eindringen der

Wurzeln, so wenig als die dichten Felsmassen, gestatten, aber doch der Vegetation nicht ganz entgegen und sogar zuweilen förderlich sind, als sie die Bewurzelung der Pflanzen in den Zwischenräumen, die sich häufig mit fruchtbarer Erde ausfüllen, gestatten und durch die Verhinderung einer zu schnellen Verdunstung mitunter begünstigen. Daran schließt sich zunächst der Sand, als feinere Trümmer der Gebirgsarten, welcher nach der Größe seiner Körner in Perlsand, Grand oder Kies, in groben Sand, in feinen, Mehl- oder Quellsand und in Flugsand eingetheilt werden kann. Der reine Sand ist im Allgemeinen der Vegetation nicht günstig; doch nur die völlig ausgetrockneten Sandarten, namentlich der Flugsand, sind dem Pflanzenwachsthum absolut unzugänglich. Sonst zeigt der Sand nach Maßgabe der Größe seiner Körner einen verschiedenen Einfluß auf die Vegetation; je größer diese sind, desto länger halten sie die Feuchtigkeit zurück, und umgekehrt verdunstet diese um so schneller, als sie klein sind; daher sind die gröbern Sandarten, bei übrigens gleichen Verhältnissen, der Vegetation weniger ungünstig, als die feinern. Der Sand kann zwar aus sehr verschiedenartigen Gesteinen entstehen, doch machen den Hauptbestand desselben in der Regel Quarzkörner aus. Endlich sind hier zu erwähnen die feinen, staubigen Theile des Bodens, welche sich schon mechanisch durch Abschwemmen vom Sand und Gerölle trennen lassen und meist in chemischer Hinsicht viel zusammengesezter sind, als die leztern. Sie bestehen nicht nur aus den verschiedenartigsten Gesteinen, sondern auch aus vegetabilischen Stoffen, welche innig mit einander, zum Theil chemisch, zum Theil auch nur mechanisch, verbunden sind. Je nach der größern oder geringern Fähigkeit, in Folge ihrer Bestandtheile Wasser aufzunehmen und zurückzuhalten, geben sie dem Boden Bindigkeit und sind namentlich der Vegetation noch deßwegen günstig, weil sie hauptsächlich die festen Nahrungsstoffe für die Pflanzen enthalten oder zum Theil diese selbst darstellen.

Im Allgemeinen zeigt sich der Boden nach seiner blos physischen Beschaffenheit in dem Verhältnisse dem Wachsthum der Pflanzen günstig, als er das Eindringen ihrer Wurzeln und ihre nöthige Befestigung durch dieselben erlaubt, zugleich aber auch die Fähigkeit besizt, das Wasser aufzunehmen und zurückzuhalten. Dazu kommen aber noch einige andere beachtenswerthe Verhält-

nisse, nämlich die Farbe und die Neigung der Bodenfläche. Ein schwarzer oder überhaupt dunkel gefärbter Boden wird stärker durch die Sonnenstrahlen erwärmt, als ein heller gefärbter, und kann auf diese Weise gewissen Pflanzen, welche einer größern Wärme zu ihrem Gedeihen bedürfen, zuträglicher werden; daher überschüttet man an manchen Orten den Boden um die Weinstöcke herum mit einer dünnen Lage von Thonschiefer-Stücken, um die Erwärmung desselben zu vermehren; Trauben auf solche Schieferstücke gelegt, reifen schneller, als die frei an dem Stocke hängenden. Nach De Candolle überstreuen manche Dorfbewohner im Chamounithal im Frühling ihre unter Schnee liegenden Felder mit zerstoßenem, schwarzen Thonschiefer, um (nach ihrer Meinung) das Schmelzen des Schnees um eine oder mehrere Wochen früher zu bewirken. Die Neigung des Bodens übt in verschiedenen Beziehungen einen merklichen Einfluß auf die Vegetation; es ist nämlich gar nicht gleichgültig, nach welcher Himmelsgegend der Boden geneigt ist, und wie damit die Einwirkung des Sonnenlichtes und der Wärme in genauem Zusammenhange steht, zeigt die oft sehr große Verschiedenheit der Pflanzen und ihres Wachsthums, z. B. an dem südlichen und nördlichen Abhange der Berge. Eben so wechselt der Einfluß des Bodens nach der Stärke seiner Neigung; eine steil ansteigende Bodenfläche läßt nicht nur das Wasser leichter ablaufen als eine ebene, sondern das abfließende Wasser wird auch mehr oder weniger die obenauf liegenden lockern Erdschichten mit fortschwemmen, so daß sehr steile Flächen gar keinen, weniger steile aber nur eine unbedeutende Lage eines fruchtbaren Bodens tragen können.

Ueberhaupt ist bei dem Boden die fruchtbare obere Schichte, in welcher allein die Pflanzen wachsen können, die Vegetationsschichte oder, nach dem landwirthschaftlichen Ausdrucke, die Ackerkrume, wohl zu unterscheiden von dem Untergrunde oder der dieselbe tragenden tiefern Schichte der Erdrinde, in welche in der Regel die Wurzeln nicht mehr eindringen. Obgleich der Sauerstoff der Atmosphäre nicht bis zum Untergrunde einwirken und dieser daher keinen unmittelbaren Einfluß auf das Wachsthum der Pflanzen äußern kann, so steht er doch in mittelbarer Beziehung mit der Vegetation dadurch, daß er das aus der Atmosphäre in die Vegetationsschichte gelangende

Wasser, nach Maßgabe seiner einsaugenden Eigenschaft, dieser Schichte entweder erhält oder entzieht. Es wird daher die Fruchtbarkeit des Bodens nicht blos durch die Beschaffenheit der Vegetationsschichte, sondern auch durch das Verhältniß derselben zu ihrem Untergrunde bedingt seyn; ein sandiger Boden z. B. bedarf, um fruchtbar zu seyn, eines festen, das Wasser weder anziehenden noch durchlassenden Untergrundes, weil er sonst leicht ausdürren würde, dagegen ist dem zähen Thonboden ein anziehender und durchlassender Untergrund sehr ersprießlich, weil er ohne diesen zu sehr die Nässe zurückhalten würde. Auch durch die Fähigkeit, die Wärme in verschiedenem Grade zu leiten, wirkt der Untergrund auf die Vegetationsschichte und dadurch auf die Vegetation selbst auf verschiedene Weise ein. Eben so ist es von großem Einfluß auf die leztere, von welcher Mächtigkeit die Vegetationsschichte sey, ob also auf dem Untergrunde eine stärkere oder schwächere Lage fruchtbaren Bodens ruhe, wornach derselbe in tiefen und flachen Boden unterschieden wird, und hierauf beruht auch die Fähigkeit desselben, Pflanzen mit tiefer oder nur mehr flach eindringenden Wurzeln zu tragen.

§. 154.

Was die chemische Beschaffenheit des Bodens betrifft, so kann man seine Bestandtheile in bleibende und wechselnde eintheilen. Zu den erstern gehören solche, die sich ziemlich unverändert und in gleicher Menge im Boden erhalten; sie tragen zur eigentlichen Ernährung der Pflanzen wenig oder nichts bei, da sie nur in verhältnißmäßig geringer Menge von diesen aufgenommen werden und mehr als Mittel zur Ansammlung der nährenden Stoffe und zur Befestigung der Wurzeln dienen. Die wechselnden Bestandtheile bilden dagegen die eigentlichen Nahrungsstoffe der Pflanzen und sind daher mancherlei Veränderungen durch den Vegetationsprozeß unterworfen.

Von den bleibenden Bestandtheilen des Bodens sind die am weitesten verbreiteten, welche also den meisten Einfluß auf die Vegetation ausüben: die Kieselerde, die Alaun- oder Thonerde, der Kalk und die Bitter- oder Talkerde, dann mehrere Metalloxyde; weniger kommen die andern Erdarten, doch darunter noch am meisten der Baryt oder die Schwer-

erde, in Betracht. Die Kieselerde kommt entweder in ziemlich unvermengtem Zustande vor, wo sie nach dem Grade ihrer Zerkleinerung den eigentlichen Sandboden (Kieselsand), den Kiesel- oder Kiesgrund (Grus), den steinigen Boden (als Sandstein) bildet, oder sie tritt in Verbindung mit andern Erdarten und mit Metalloxyden auf. Der an Kieselerde allzureiche Boden, namentlich der reine Sandboden ist, wie schon erwähnt, im Allgemeinen für die Vegetation ungünstig und daher unfruchtbar, da er die Wärme zu stark leitet, das Wasser und die darin auflöslichen Nahrungsstoffe nicht zurückhält und den Wurzeln keinen gehörigen Halt bietet. — Die Alaun- oder Thonerde findet sich in größern Mengenverhältnissen, wo sie allein als Bestandtheil des Bodens auf die Vegetation von Einfluß ist, nie rein, sondern immer mit andern Erdarten, mit Säuern, Alkalien und Metalloxyden verbunden; die wichtigsten Verbindungen in dieser Beziehung sind die mit Wasser (Thonerdehydrat) und Kieselerde (als Thon, Lehm ꝛc.) und die mit Kalk (als Mergel), ferner die Verbindungen, welche neben Kieselerde und Kalk auch noch Talkerde, Kali und Metalloxyde enthalten und (als Thonschiefer) sehr weit verbreitet, ganze Gebirgszüge bildende Felsmassen darstellen, deren verwitterte Oberfläche eine sehr fruchtbare Vegetationsschichte bildet. Ueberhaupt ist die größere oder geringere Menge des im Boden enthaltenen Thons von wesentlichem Einfluß auf den Pflanzenwuchs. Vermöge seiner bindenden Kraft giebt er dem leichten Boden mehr Haltbarkeit, vermöge seiner Wasser anziehenden und zurückhaltenden Eigenschaft giebt und bewahrt er die Feuchtigkeit und ist daher auch ein passender Untergrund für eine sehr lockere, das Wasser leicht durchlassende Vegetationsschichte. In zu großer Menge dem Boden beigemischt, erschwert er dagegen durch seine zähe Konsistenz, so wie durch Zurückhaltung zu vieler Feuchtigkeit, die Bewurzelung der Pflanzen und wirkt dadurch ungünstig auf die Vegetation. Eine sehr thonhaltige Vegetationsschichte bedarf wenigstens eines das Wasser leicht durchlassenden Untergrundes, um dem Pflanzenwuchs weniger nachtheilig zu seyn. Endlich kommt zuweilen auch phosphorsaure Thonerde im Boden vor, welche durch andere Stoffe, z. B. Moder, einigermaßen auflöslich und dann dem Wachsthum der Pflanzen förderlich werden kann. —

Der Kalk kommt nie im reinen oder ätzenden Zustande im Boden vor, wo er auch jeder Vegetation widerstehen würde. Die am häufigsten im Boden vorkommende Verbindung ist der kohlensaure Kalk, welcher entweder als einfach kohlensaurer Kalk, der höchst schwerlöslich im Wasser ist, in großer Menge in der Natur als gewöhnlicher Kalkstein, Kalkspath, Marmor, Kreide, Tropfstein ꝛc. auftritt, oder als saurer kohlensaurer Kalk in Quellen und Mineralwässern aufgelöst sich findet. Der kohlensaure Kalk ist als Gemengtheil des Bodens, in nicht zu starkem Verhältnisse, der Vegetation im Allgemeinen sehr günstig, da er, vermöge seiner großen Verwandtschaft zu den meisten Säuren, die im Boden vorhandenen Säuren, welche etwa den Pflanzen nachtheilig seyn könnten, namentlich aus dem sogenannten sauren Humus aufnimmt. Der Kalk wird in seinen löslichen Verbindungen mit Säuren von den Wurzeln eingesogen und findet sich, wie wir aus der Pflanzenchemie wissen, als Bestandtheil der meisten Gewächse, in deren Asche vor. In zu großer Menge dem Boden beigemischt, trocknet der kohlensaure Kalk zu leicht und schnell aus, und ist dann nur bei einem das Wasser wenig durchlassenden Untergrunde der Vegetation günstig; besonders ist eine Beimengung von Thon oder Lehm (Mergelboden) der Vegetation sehr zuträglich, wogegen eine Beimischung von Quarzsand ihn noch unfruchtbarer macht. Der zum Kalksande verwitterte Kalkstein und das in manchen Gegenden über weite Strecken verbreitete Kalkgerölle sind ebenfalls als höchst unfruchtbar bekannt. Nächst dem kohlensauren Kalk ist der schwefelsaure Kalk oder der Gyps, als ziemlich häufig vorkommender Bestandtheil des Bodens, für die Vegetation von Wichtigkeit. Er findet sich gewöhnlich als wasserhaltender Gyps, wo er in 460 Theilen Wasser löslich ist. Er ist als Gemengtheil des Bodens in gehörigem Verhältnisse der Vegetation sehr zuträglich, und wird im leicht gebrannten Zustande, wo er seines Krystallisationswassers beraubt ist, häufig in der Landwirthschaft zur Verbesserung des Bodens angewendet, wo er wahrscheinlich durch seine chemische Einwirkung auf die im Boden befindlichen, den Pflanzen nachtheiligen Säuren und andern Stoffe, von vortheilhaftem Einflusse wird. Der flußsaure Kalk oder der Flußspath findet sich nur selten und in geringer Menge im Boden und ver-

hält sich im verwitterten Zustande, hinsichtlich seiner physischen Eigenschaften, als eine in Wasser unlösliche Verbindung, dem Quarzsande ähnlich. Dagegen scheint der phosphorsaure Kalk, als ein gewöhnlicher Bestandtheil organischer Körper, durch die Zersetzung derselben häufig als Gemengtheil in der Vegetationsschichte des Bodens, wenn auch in verhältnißmäßig geringen Mengen vorzukommen. — Die Bittererde kommt nur in ihrer Verbindung mit Kohlensäure als bleibender Bestandtheil des Bodens in Betracht, da sie nur im kohlensauren Zustande, vorzüglich mit Kieselerde und Kalk verbunden, in größeren Mengen als in Wasser unlöslicher Gemengtheil der Vegetationsschichte auftritt. Sie bildet für sich im trocknen Zustande ein zu lockeres, im nassen Zustande aber ein zu schwammiges Erdreich, und ihr Nutzen oder ihre Schädlichkeit für die Vegetation scheint blos auf dem Verhältnisse zu beruhen, in welchem sie den übrigen Erdarten beigemengt ist. Ein Boden, in welchem die Bittererde in bedeutender Menge vorhanden ist, wie in dem Serpentingebirge, ist sehr arm an Pflanzen und gewöhnlich nackt und kahl. — Der Baryt oder die Schwererde, welche nur in Verbindung mit Schwefelsäure im Schwerspath, mit Kohlensäure im Witherit und mit Thon und Kieselerde im Kreuzstein vorkommt, wo sie immer völlig unlöslich in Wasser ist, verhält sich, wenn sie durch Verwitterung dieser Gesteine in die Vegetationsschichte des Bodens gelangt, hinsichtlich ihrer physischen Eigenschaften, dem Kieselsand ähnlich. — Von den Metalloxyden sind die des Eisens am häufigsten in dem Boden verbreitet, und sie scheinen nur selten in der Vegetationsschichte ganz zu fehlen. Die Eisenoxyde sind gewöhnlich an die verschiedenen Erdarten, namentlich den Thon gebunden, und ertheilen hauptsächlich dem Boden seine Farbe, da sie nach ihren verschiedenen Oxydationsstufen roth, gelb, grau, braun, bis schwarz vorkommen. Auch mit Säuren (z. B. Kohlensäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure) verbunden sind die Eisenoxyde, jedoch selten in überwiegender Menge, im Boden vorhanden, wo sie wegen ihrer Auflöslichkeit in Wasser einen nachtheiligen Einfluß auf die Vegetation äußern. Durch Moder und Ammoniak wird das Eisenoxydul ebenfalls auflöslich, und kann dann von den Pflanzen durch die Wurzeln aufgenommen werden. Außerdem verdienen noch die verschiedenen Oxydationsstufen des Man-

gans eine Erwähnung, welche zwar ziemlich häufig, jedoch meist nur in geringen Verhältnissen im Boden vorkommen, auch als färbendes Prinzip vieler Steine auftreten, und überhaupt meist in schwerauflöslichem Zustande mit Erdarten verbunden sind; das Vorkommen von Kupferoxyden ist ebenfalls nicht gar selten, aber in den meisten Fällen scheinen diese Oxyde und ihre chemischen Verbindungen mit Schwefel und Säuren nur in sehr geringen Mengen in der Vegetationsschichte des Bodens enthalten zu seyn und somit keinen bemerkbaren Einfluß auf das Pflanzenwachsthum auszuüben.

§. 155.

Zu den wechselnden Bestandtheilen des Bodens, die wegen ihres häufigern Vorkommens einen merklichen Einfluß auf das Pflanzenleben äußern, gehören nicht nur die Kali-, Natron- und Ammoniaksalze, sondern auch die leichtlöslichen Salze, welche aus der Verbindung des Kalks, der Thonerde und Bitterde mit verschiedenen unorganischen Säuren (namentlich der Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure) entstehen, endlich und hauptsächlich die Dammerde, mit ihrem vorzüglichsten Bestandtheile, dem Moder, und dessen Verbindungen mit Salzbasen.

Von den Kalisalzen sind zu erwähnen: das kohlensaure Kali, welches als Bestandtheil vieler Gebirgsarten (des Granits, Gneis, Glimmerschiefers, Chlorits u. a. m.) vorkommt, aber auch in der Asche vieler Pflanzen (Pottasche) und in vegetabilischen und thierischen Ueberresten enthalten ist, mit welchen es (besonders im Dünger) in den Boden gelangt; das salpetersaure Kali oder der Salpeter, der sich beim Verwesen stickstoffhaltiger organischer Körper in Berührung mit Luft und kohlensaurem Kali bildet, und vorzüglich in wärmern Klimaten an vielen Orten auf der Oberfläche der Erde sich findet; das salzsaure Kali, welches in Mineralquellen, in jüngern Mergelarten, auch im Urin enthalten ist und sich in den Abfällen der Salpeterplantagen, der Seifensiedereien, auch als Nebenprodukt in Glashütten erzeugt; das schwefelsaure Kali, welches sich zuweilen im Boden bildet, wenn sich bei der Gegenwart von andern Kalisalzen Schwefelsäure (z. B. aus Schwefelkiesen) erzeugt. Wenn

diese Kalisalze in geringerem Verhältnisse im Boden vorhanden sind, so wirken sie im Allgemeinen günstig auf die Vegetation. — Von den Natronsalzen gehören hierher: das kohlensaure Natron, in verschiedenen Gebirgsarten (Basalt, Natrolith, Zeolith u. a.) enthalten, durch deren Verwitterung es in die Vegetationsschichte des Bodens gelangt, dann in Mineralquellen aufgelöst, und zuweilen in den obersten Erdschichten (wahrscheinlich durch wechselseitige Zerlegung des salzsauren Natrons und kohlensauren Kalks) sich erzeugend; das salzsaure Natron oder das Kochsalz, welches äußerst verbreitet, im Meerwasser, im Steinsalz, in Salzsolen, zuweilen selbst im Regenwasser enthalten ist und daher auf sehr verschiedene Weise in den Boden gelangt; das schwefelsaure Natron oder Glaubersalz, ebenfalls in Salz- und Mineralquellen enthalten, hie und da auch den obern Erdschichten beigemischt und aus diesen auswitternd. Von den Natronsalzen gilt hinsichtlich ihres Einflusses auf die Vegetation, was von den Kalisalzen gesagt wurde. — Das Ammoniak, welches sich überall bei der Verwesung stickstoffhaltender organischer Körper, namentlich bei der Bildung des thierischen Düngers und der Mistjauche erzeugt, auch im Seewasser, im Harn und (nach De Saussure) vielleicht selbst in der Luft enthalten ist, kommt in dem Boden hauptsächlich als kohlensaures und Moder-Ammoniak vor, welche beide leicht in Wasser löslich sind und, als vorzügliche Nahrungsmittel der Pflanzen, die Fruchtbarkeit des Bodens ungemein befördern.

Von den löslichen Salzen der übrigen, schon bei den bleibenden Bestandtheilen des Bodens erwähnten unorganischen Basen, sind zu nennen: der salzsaure Kalk, der sich im Meerwasser, in manchem Mineral- und Quellwasser, in Salzsolen, zuweilen auch im Gypse, findet, überhaupt aber meist nur in geringer Menge im Boden vorkommt, ist so leicht löslich, daß er schon an der Luft, durch das Anziehen von Feuchtigkeit zerfließt; der salpetersaure Kalk oder Mauersalpeter, der oft an Mauern, welche mit thierischen Abfällen durchdrungen sind, z. B. in dem Untergrunde von Viehställen, auswittert, auch in Brunnenwasser, dessen Röhrenleitungen in der Nähe von Viehställen vorbeigehen, enthalten ist und in Gewitterregen zuweilen sich niederschlägt, ist ebenfalls ein leicht zerfließliches Salz, wel-

thes häufig im Boden vorkommt. Die schwefelsaure Thonerde findet sich zuweilen in der Nähe von Schwefelkieslagern und Alaunschiefern, auch in den Thonlagern des Untergrundes sumpfiger Gegenden; sie bildet aber selten einen namhaften Bestandtheil der Vegetationsschichte, da sie durch die meisten kohlensauren und Moder-Alkalien oder Erden leicht zersezt wird, wodurch sie zugleich ihre Leichtlöslichkeit verliert, übrigens wirkt dieses Salz nicht vortheilhaft auf die Vegetation, und man sucht daher in der Landwirthschaft den Boden durch eine Beimengung von kohlensaurem Kalk zu verbessern, wo sich Gyps bildet. Die schwefelsaure Bittererde oder das Bittersalz ist in Mineralquellen (Bitterquellen), manchen Salzsolen, so wie im Meerwasser enthalten und wittert aus manchen Mauern und Gesteinen aus, wo sie dann auch in geringer Menge in die Vegetationsschichte des Bodens gelangen kann, sie scheint in ihrer Wirkung auf die Vegetation sich dem Gyps ähnlich zu verhalten, kann aber wegen ihrer leichtern Auflöslichkeit in größerer Menge von den Pflanzen aufgenommen werden; die salzsaure Bittererde findet sich in einigen Mineralwässern, in Salzsolen und im Meerwasser, zuweilen auch als Gemengtheil einzelner Gypsarten, und kommt vornämlich in der Nähe der genannten Quellen und der Meeresküsten, als Bestandtheil des Bodens vor, wo sie auf die daselbst wachsenden Salzpflanzen einen sehr günstigen Einfluß auszuüben scheint. Das Verhalten der metallischen Salze, welche in der Regel nur in geringen Mengen in der Vegetationsschichte vorkommen, ist oben bei Erwähnung der Metalloxyde schon angedeutet worden. Alle bis hierher genannten auflöslichen Salze werden von den Pflanzen mit dem Nahrungsstoffe aufgenommeu und von ihnen rühren größtentheils die unorganischen Säuren und Salzbasen her, welche in der Pflanzenasche gefunden werden.

§. 156.

Unter allen wechselnden Bestandtheilen des Bodens ist jedoch die Dammerde der wichtigste für das Pflanzenleben. Ueberall, wo nämlich organische Stoffe an der freien Luft in Fäulniß übergehen, bleibt endlich als leztes Produkt der Vermoderung eine schwarzbraune, pulverartige Masse zurück, welche Dammerde

oder Humus (im weitern Sinne) genannt wird. Alle Pflanzen und Pflanzentheile, die nach beendigter Vegetation bis zum Anfang des Winters absterben, werden allmählig in Dammerde verwandelt, welche sich mit der Vegetationsschichte des Bodens mengt: daher enthält diese überall, wo Pflanzen in derselben wachsen, einen Antheil Dammerde, welche die hauptsächlichste Nahrung für die kommende Vegetation bildet. So wie die Dammerde in dem Boden vorkommt, ist sie selten vollständig vermodert und gleichförmig gebildet, sondern meist noch mit unveränderten oder unvollständig verwesten Pflanzentheilen, namentlich mit vielen Wurzelzasern, vermengt; dann enthält sie auch immer noch ein Gemenge von andern organischen und unorganischen Materien, welche theils Produkte der Zersetzung während der Fäulniß sind, theils ursprünglich in den vermoderten Theilen enthalten waren, wie verschiedene lösliche Salze, kohlensaurer Kalk, kohlensaure Bittererde, Thonerde, Kieselerde (beide häufig im Hydratzustande), ferner Eisen- und Mangan-Oxyd. Wenn wir uns alle diese unzersezten und unorganischen Gemengtheile abgeschieden denken, so bleibt der reine Humus zurück, dessen drei charakteristischen Bestandtheile das Humusextract, der Moder und die Humuskohle sind *).

Das Humusextract ist der in Wasser leichtlösliche Bestandtheil des reinen Humus, welcher auch in dem Wasser vieler Quellen und Brunnen enthalten ist, und aus diesen durch Abdampfen als ein gelber oder gelbbrauner Rückstand erhalten wer-

---

*) Es ist nothwendig, hier auf die Namenverwirrung aufmerksam zu machen, welche in Bezug auf diese Bestandtheile in manchen chemischen, so wie in den agronomischen Schriften angetroffen wird, und die der klaren Einsicht in die Natur und Zusammensetzung des reinen Humus, besonders für den in die Chemie weniger Eingeweihten, sehr hinderlich ist. Diese Verwirrung beruht zum Theil darauf, daß man die genannten Bestandtheile für eben so viele verschiedene Arten des Humus hielt, zum Theil aber auch auf der Verkennung ihrer wesentlichen Merkmale. So wird das Humusextract als oxydulirter Humus, die Humuskohle als verkohlter Humus aufgeführt, der Moder aber wird nicht blos gleichbedeutend mit Dammerde und Humus überhaupt genommen, sondern führt auch noch die Namen oxydirter Humus, Humus-Oxyd, Humussäure, Ulmin, Ulminsäure, Torfsubstanz und Torfmaterie.

den kann. Es bildet sich beständig aus dem Moder, wenn dieser mit der Luft in Berührung steht, wobei sich der Sauerstoff der Luft in kohlensaures Gas verwandelt, welches zum großen Theil in die Atmosphäre entweicht, während der zu löslichem Humusextracte gewordene Moder in der Vegetationsschichte zurückbleibt und unmittelbar zur Ernährung der Pflanzen dient, also zur Fruchtbarkeit des Bodens beiträgt. Wenn die wässerige Auflösung des Humusextractes langsam an der Luft verdunstet, so bekommt sie eine unlösliche, fettig anzusehende Haut, welche man häufig nach Regen, in den Furchen des Acker- und Gartenlandes auf dem zurückgebliebenen Wasser sieht und die wahrscheinlich durch Bildung von Kohlensäure (aus dem Kohlenstoff des Humus und dem Sauerstoff der Luft) wieder in Moder zurückgegangenes Humusextract ist.

Der Moder, dessen wichtigsten Eigenschaften bereits (S. 143) angegeben wurden, stellt eigentlich den Hauptbestandtheil des Humus dar, aus welchem sich die andern unter gewissen Umständen bilden, wenigstens scheinen De Saussure's Versuche über die Dammerde zu beweisen, daß die drei erwähnten Bestandtheile des reinen Humus, durch die abwechselnd überhandnehmende Einwirkung von Wasser und Luft, in einander übergehen können. Im frischen Zustande hält der Moder immer eine gewisse Menge Wasser chemisch gebunden (er ist ein Hydrat); er kann aber außerdem sein doppeltes Gewicht Wasser aufnehmen und dabei noch trocken aussehen; auch nach dem Austrocknen saugt er die Feuchtigkeit der Luft begierig ein, und kann, je nach dem Grade derselben, in 24 Stunden 80 bis 100 Procent seines Gewichtes Wasser einschlucken. Diese physische Eigenschaft des Moders ist für das Pflanzenleben von größter Wichtigkeit; denn in Folge derselben hält er das Wasser in der Erde zurück und verhindert seine Verdunstung, wodurch die Thätigkeit der einsaugenden Wurzelenden der Pflanzen im gehörigen Gange erhalten wird. Der frische und feuchte Moder löst sich in einer Temperatur von 0° R. erst in 6500, bei + 18,7° R. in 2500, bei + 100° R. aber in 150 bis 160 Theilen Wasser. Nach dem völligen Austrocknen läßt er sich weder in kaltem noch in heißem Wasser auflösen. Durch das Gefrieren scheidet sich der aufgelöste Moder aus dem Wasser in fast unlöslichem Zustande (als Humuskohle) ab,

während durch fortdauernde Einwirkung von Wasser bei höherer Luftwärme ein Theil des unlöslichen Moders in Humusextract verwandelt wird, was nach und nach in dem Maße geschieht, daß der größte Theil des Moders auf diese Weise auflöslich wird. Mit den im Boden enthaltenen unorganischen Salzbasen geht der Moder chemische Verbindungen ein, welche ebenfalls bei der Ernährung der Pflanzen in Betracht zu ziehen sind*). Die Moder-Alkalien sind fast alle in Wasser leichtlöslich, wie das Moder-Kali und Moder-Natron; am löslichsten ist jedoch das Moder-Ammoniak, eine Verbindung, die sich häufig, wie es scheint, beim Verwesen stickstoffhaltiger (also vorzüglich thierischer) Substanzen in der Dammerde bildet, und jedesmal die Löslichkeit des Moders, und dadurch dessen Aufnahme durch die Wurzeln befördert. Dagegen sind die Verbindungen des Moders mit andern (alkalischen, erdigen oder metallischen) Salzbasen meist in Wasser schwerlösliche, pulverförmige Substanzen, die im Aeußern dem Moder mehr oder weniger ähnlich sehen. Moder-Kalk braucht 2000, Moder-Baryt 5200, Moder-Thonerde 4200, Moder-Bittererde aber nur 160 Theile kalten und etwas weniger kochend heißen Wassers zur Auflösung; Moder-Eisenoxyd ist in 2300, Moder-Manganoxydul in 1450 Theilen kalten Wassers löslich, während das Moder-Kupferoxyd in Wasser unlöslich ist. Diese in Wasser schwer oder gar nicht löslichen Verbindungen des Moders, namentlich mit der Thonerde und den genannten Metalloxyden, werden dagegen leicht von

---

*) Da in diesen Verbindungen die basische Reaction der Alkalien durch die Sättigung mit Moder völlig aufgehoben ist, so gab dieß die Veranlassung, den leztern als eine Säure (Humussäure) und seine Verbindungen mit Salzbasen überhaupt als humussaure Salze zu betrachten. Der Moder verhält sich aber in diesen Verbindungen nicht anders als wie Kleber, Emulsin und andere nicht saure Pflanzenstoffe, die ebenfalls mit Basen innige Verbindungen eingehen, ohne deßwegen Säuren zu seyn. In seinem natürlichen Zustande reagirt der Moder weder als Säure noch als Alkali; er verbindet sich aber, wo er Gelegenheit findet, eben so gerne und innig mit Säuren und erhält dadurch die Eigenschaft, Lackmustinktur zu röthen, eine Eigenschaft, die ihm nicht mehr durch Wasser benommen werden kann. Dieß hat dann noch besonders veranlaßt, daß dieser Bestandtheil des Humus selbst für eine Säure angesehen wurde.

ätzenden und kohlensauren Alkalien aufgelöst, und da sich besonders das kohlensaure Ammoniak so häufig in der Dammerde vorfindet, so wird es klar, wie auch die schweren Metalle im aufgelösten Zustande von den Pflanzen wirklich aus der Erde aufgenommen werden können.

Die Humuskohle ist sowohl in Wasser wie auch in alkalischen Flüssigkeiten unlöslich, und wird selbst von den meisten Säuren wenig angegriffen. Sie hat eine fast schwarze Farbe, überhaupt ein kohlenartiges Ansehen, und verbrennt angezündet, ohne Flamme, wie Zunder glimmend. Dieser unlösliche Bestandtheil des reinen Humus wird jedoch in Berührung mit Luft, indem er mit einem Theil ihres Sauerstoffs Kohlensäure bildet, in Moder und Humusextract umgeändert, und daraus erhellt nicht nur im Allgemeinen wieder der wichtige Einfluß der atmosphärischen Luft auf die Ernährung der Pflanzen, sondern es läßt sich auch die nützliche Wirkung erklären, welche das Auflockern des Bodens, durch das Pflügen und die andern von dem Landwirthe und Gärtner angewendeten Mittel, auf die Vegetation äußert, indem dadurch die humushaltige Ackergrume der ungehinderten Einwirkung der Luft ausgesezt wird.

Wir sehen aus dieser Darstellung, wie alle Bestandtheile des Humus an der Ernährung der Pflanzen Theil nehmen, doch scheint nur die Auflösung des Humusextractes und der in der Dammerde vorwaltenden Moderverbindungen von den Wurzeln unmittelbar aufgesogen zu werden. Diese Auflösung kann zwar durch starken Regen oft tief in den unfruchtbaren Untergrund hinabgeführt werden, ohne jedoch dadurch für das Pflanzenleben verloren zu seyn, da die weit in die Erde eindringenden Wurzeln der Bäume sie auch in der Tiefe aufsuchen und als Nahrung der Pflanze noch zuführen können. Da nun der Humus die wesentlichsten Stoffe zur Ernährung der Pflanzen enthält, so ist leicht einzusehen, daß die Fruchtbarkeit des Bodens von der Reichhaltigkeit seiner Vegetationsschichte an Humus abhängt. Wo die Pflanzen sich selbst überlassen wachsen und vergehen, da wird der durch die Vegetation des Sommers verzehrte Humus jedesmal durch die verwesenden Pflanzentheile während des Herbstes und Winters wieder ersezt; wo dagegen die auf einer humusreichen Vegetationsschichte gewachsenen Pflanzen weg-

genommen werden, so daß der durch ihr Wachsthum verminderte Humus sich nicht wieder ersetzen kann, wie dieses bei der landwirthschaftlichen Benutzung des Bodens der Fall ist, da müssen endlich die in der Erde befindlichen Nahrungsstoffe dergestalt ausgezogen werden, daß dieselbe den Pflanzen kein gedeihliches Wachsthum mehr gewähren kann. Darum muß in einem solchen durch den Ackerbau alljährlich sich erschöpfenden Boden auf künstliche Weise für die Wiedererzeugung von Humus in der Vegetationsschichte gesorgt werden, und dieß geschieht vermittelst der in der Landwirthschaft und im Gartenbau allgemein eingeführten Düngung. Der Dünger, von welchem man mehrere Arten (vegetabilischen, animalischen, vegetabilisch-animalischen oder Hofdünger ꝛc.) unterscheidet, und der entweder aus unverwesten, oder aus mehr oder weniger schon in Fäulniß übergegangenen Pflanzentheilen und thierischen Stoffen, besonders den Excrementen und dem Harn der verschiedenen Hausthiere, besteht, wirkt demnach dadurch zur Verbesserung des angebauten Landes, daß er durch seine vollständige Verwesung im Boden nach und nach in Humus umgewandelt wird, und das ersezt, was durch die Ernte verloren gegangen ist. Wenn auch Pflanzen bei verschiedenen Versuchen in einem völlig humusleeren Boden, durch bloßes Begießen mit Wasser, sich eine geraume Zeit hindurch erhalten lassen, und selbst bei der chemischen Analyse die gewöhnlichen Bestandtheile liefern, so beweist dieß nur, daß das Wasser und die Luft ebenfalls nicht ganz leer an Nahrungstoffen sind, und daß sogar manche Pflanzen hauptsächlich ihre Nahrung aus diesen beiden Medien hernehmen können, und diese einzelnen Versuche, worauf Manche ein allzugroßes Gewicht zu legen scheinen, sind kaum in Betracht zu ziehen gegen die allgemeine Erfahrung, die man alltäglich in der freien Natur machen kann, daß einem an Nahrungsstoffen reichen Boden ein üppiges, einem an solchen armen Erdreiche aber ein kümmerliches Pflanzenwachsthum entspricht; wenn aber auch in humusleerer Erde die Pflanzen anfänglich fortkommen, so geht dieses doch in der Regel blos bis zur Blüthe und Fruchtbildung, welche alsdann nur spärlich oder gar nicht erfolgt, weil gerade zur Bildung der Frucht und der Samen die meisten Pflanzen einer reichlichern Nahrung, die ihnen nur der Humus bieten kann, bedürfen. Aber endlich geht noch aus den hier gegebenen

kurzen Andeutungen über die chemische Beschaffenheit des Bodens deutlich hervor, daß von allen unorganischen Bestandtheilen, welche die chemische Analyse in den Pflanzen aufgefunden hat, nicht blos die Gegenwart im Boden, sondern auch die Möglichkeit, aus diesem in die Pflanzen zu gelangen, ganz gut nachgewiesen werden könne.

§. 157.

Die vorhin beschriebene Dammerde, welche wegen ihres Gehaltes an reinem Humus dem Boden durch ihre Beimengung in vorzüglichstem Maße Fruchtbarkeit ertheilt, wird daher auch fruchtbare, milde oder fette Dammerde oder milder, auflöslicher Humus genannt; der damit reichlich versehene Boden heißt milder humöser Boden, und wenn er dieselbe in überwiegender Menge enthält, so nennt man ihn auch schwarze Gartenerde oder selbst Dammerde. Von der milden, fruchtbaren ist nun noch die saure Dammerde oder der saure Humus zu unterscheiden, welche entweder gar keine oder nur gewisse kryptogamische Gewächse (Moose und Flechten) trägt. Sie hat im Allgemeinen die nämlichen Bestandtheile, wie die fruchtbare Dammerde, aber statt daß in der leztern der Moder an Kalkerde und andere Basen gebunden ist, kommt er hier mit Säuren, wie (nach Einhof's Versuchen) es scheint, hauptsächlich mit Essigsäure und Phosphorsäure verbunden vor *). Dadurch erhält die saure Dammerde die Eigenschaft, Lackmus zu röthen; nach dem Verbrennen findet sich, neben vieler Kieselerde, Phosphorsäure in der Asche, und die trockne Destillation giebt eine saure Flüssigkeit, welche essigsaures Ammoniak enthält. Sie findet sich vorzüglich in Sumpf- und Moorboden, der dadurch und durch seinen übermäßigen Wassergehalt für wenige Pflanzen günstig ist. Da die saure Beschaffenheit dieses Bodens offenbar auf dem Mangel an Basen beruht, um die überschüssigen Säu-

---

*) Die Angabe mehrerer Schriftsteller (besonders nach Sprengel), daß die saure Reaction dieser Dammerde keiner fremden Säure, sondern der Humussäure (d. h. dem Moder) angehöre, kann nach dem, was oben über die Natur des reinen Moders vorgetragen wurde, unmöglich als richtig erkannt werden.

ren zu neutralisiren, so kann derselbe, nachdem er von seinem überflüssigen Wasser befreit worden, durch eine Beimengung von Kalk und Asche fruchtbar gemacht werden, da er gewöhnlich fast ganz aus Dammerde besteht, welche durch die Abstumpfung ihrer Säure in milde Dammerde umgewandelt wird.

Man hat auch noch eine harzige (harz- und wachshaltende) Dammerde unterschieden, welche kleine Mengen von unverwestem Harz und Wachs enthält, von Pflanzen herrührend, die diese Substanzen liefern. Dahin gehört die Dammerde der Heide-Arten (Heideerde) und anderer Ericeen, z. B. der Rhododendron-Arten. Sie ist, wenn sie keine überschüssige Säure enthält, in ihrer Wirkung auf die Vegetation der milden Dammerde ähnlich, da das unzersezte Harz und Wachs keinen merklichen Einfluß auf die Pflanzen äußern. Die adstringirende Dammerde, welche neben dem Humus noch besonders Gerbstoff und Gallussäure enthält und sich vorzüglich in Wäldern aus den abgefallenen Theilen gerbstoffreicher Bäume (namentlich der Eichenarten), so wie durch Verwesung der Gerberlohe bildet, ist für sich nicht jeder Vegetation günstig; die adstringirenden Eigenschaften derselben verlieren sich jedoch bald unter freiem Luftzutritte, wo dann der diese Dammerde enthaltende Boden noch durch eine Beimengung von Kalk, Bittererde oder Holzasche verbessert werden kann.

Wenn Pflanzen unter Wasser verwesen, so geht ihre Zersetzung weit langsamer vor sich als an der freien Luft; sie verfaulen aber doch nach und nach auch vollständig, und verwandeln sich dabei in eine Art von schwarzer Dammerde, welche Sumpferde oder Schlamm genannt wird. Sie fühlt sich zart an, schrumpft beim Trocknen stark zusammen und besitzt meist die Eigenschaft, die Haut zu reizen und auf derselben eine Röthung zu erzeugen, daher sie an manchen Orten auch zu den sogenannten Schlammbädern angewendet wird. Sie scheint viele Humuskohle (vielleicht auch freie Säure) zu enthalten, giebt nur den festgewurzelten Wasserpflanzen Nahrung, kann aber, trocken gelegt, durch zweckmäßige Behandlung in fruchtbare Dammerde umgewandelt werden.

Ein anderes, der sauren Dammerde sich näherndes Produkt der Verwesung unter Wasser ist der Torf, welcher sich auf dem Grunde gewisser stehender Wasser und Sümpfe, jedoch in weit größerer Menge als die übrigen Arten der Dammerde, bildet. Die anhaltende Vergrößerung der Torflager rührt wohl daher, daß die durch Verwesung der alljährlichen Vegetation sich bildende Schichte von Dammerde, wegen Verhinderung des freien Luftzutritts, sehr viele unauflösliche Humuskohle enthält, daher von den neuen Vegetationen, die sich auf ihrer nassen Oberfläche bilden, nie in dem Verhältnisse aufgezehrt werden kann, als sie sich durch die mit jedem Jahre hinzukommenden Schichten des an kohliger Masse überreichen Humus erhöht, wodurch sie mit der Zeit eine bedeutende Tiefe (oft von mehreren Ellen) erlangt. Der Torf enthält außer dem

mehr oder weniger in Humuskohle umgewandelten Moder (der sogenannten Torfsubstanz) und vielen nur halbverwesten Wurzeln und andern Pflanzentheilen, gewöhnlich noch verschiedene in dem Sumpfwasser aufgelöst gewesene, zum Theil von den verwesten Pflanzen selbst herrührende Salze, darunter nicht selten Eisenvitriol und Gyps, auch harzige Theile und (nach Einhof) wie die saure Dammerde, oft freie Essigsäure und Phosphorsäure. Der Torfboden ernährt, wie die saure Dammerde, nur gewisse Sumpf- und Wasserpflanzen, so einige Ericeen und Vaccinieen, ferner Riedgräser, Torfmoose, Characeen und Conferven, wovon die lezten namentlich oft in größter Menge vorkommen und die Torfmoore im Sommer fast ganz anfüllen. Man kann jedoch den Torfboden auf ähnliche Weise wie den sauren Humusboden verbessern und mehr oder weniger in fruchtbare Dammerde umwandeln. Da der Torf sehr reich an Humuskohle ist, so kann derselbe nach dem völligen Austrocknen als Brennmaterial benuzt werden, als welches er auch, besonders für viele waldlose Gegenden, sehr wichtig ist.

Zweiter Artikel.

Von den innern Bedingungen des Lebens oder den Eigenschaften der Elementarorgane der Pflanzen.

§. 158.

Die Membranen und Fasern der Elementarorgane sind, so gut wie alle übrigen Körper unserer Erde, aus Massentheilchen zusammengesezt; sie müssen daher auch alle den Körpern oder der Materie überhaupt zukommenden Eigenschaften (Ausfüllung und Behauptung ihres Raumes, Zusammenhang, Theilbarkeit, Schwere, Elasticität) besitzen. Da aber unter der Leitung der Lebenskraft in den Elementarorganen eine von der Zusammensetzung unorganischer Körper verschiedene Zusammenfügung der Massentheilchen (die wir daher auch – §. 87 – als organische Bestandtheile unterschieden haben) stattfindet, so müssen in dem Pflanzengewebe nicht nur jene allgemeinen Eigenschaften der Materie zum Theil auf verschiedene Weise modificirt seyn, sondern es müssen auch hieraus gewisse schon inniger mit dem Leben in Verknüpfung stehende, dem Pflanzengewebe eigenthümliche Eigenschaften entspringen.

Unter den Eigenschaften der Elementarorgane der Pflanzen, welche als nähere Bedingungen der Lebenserscheinungen gelten

können, giebt es daher theils solche, welche das Pflanzengewebe mit vielen unorganischen Körpern gemeinschaftlich besizt, unorganische Eigenschaften, theils solche, die ihm nur als organischem Gebilde zukommen, und welche darum als organische Eigenschaften zu unterscheiden sind.

§. 159.

Unter den unorganischen Eigenschaften sind in Bezug auf das Pflanzenleben vorzüglich drei zu erwähnen, nämlich die Elasticität (Federkraft), die Hygroskopicität (Anziehung und Aufnahme der Feuchtigkeit) und die Ausdehnbarkeit.

Die Elasticität, vermöge welcher die Membranen und Fasern, wenn sie durch Druck oder Zug aus ihrer normalen Lage gebracht worden, dieselbe wieder einzunehmen streben, ist überall im Pflanzengewebe vorhanden, aber in ihrer Stärke und Wirkung sehr verschieden. Sie ist nämlich in dem jungen, noch sehr weichen Gewebe weit weniger deutlich ausgesprochen, als in demjenigen, welches schon eine größere Festigkeit besizt, während in dem noch ältern Gewebe, durch das Eintreten einer größern Starrheit, wieder eine Abnahme der Elasticität erfolgt. In der Zellenmembran giebt sich die Elasticität überall kund, wo jene durch umgebende Flüssigkeiten zur Seite gedrängt, nach dem Aufhören des Druckes wieder ihre vorige Lage einnimmt; in der Spiralfaser des Gefäßes ist diese Eigenschaft schon durch die meist cylindrische Gestalt ausgedrückt, welche die Gefäßröhre trotz dem allseitigen Drucke des umgebenden Zellgewebes zu behaupten vermag, sie giebt sich aber noch deutlicher zu erkennen in dem gewaltsam aufgerollten Spiralgefäße, durch das Streben der Faser sich wieder in ihre ersten Windungen zurückzuziehen. Auf dem Grade der Elasticität, welchen die Elementarorgane besitzen, beruht auch die größere Zähigkeit und Biegsamkeit der zusammengesezten Organe; daher die jüngern Zweige im Allgemeinen biegsamer sind als die ältern. Wie die Biegsamkeit und Elasticität wieder bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden seyn könne, beweist unter andern die Vergleichung eines Zweiges der Dotter- und Korbweide mit einem Zweige der Knackweide, des Hasel- oder Pfeifenstrauchs. Auch in dem abgestorbenen Pflanzengewebe

ist die Elasticität nicht ganz verschwunden, wenn gleich meist nur noch in einem verminderten Grade vorhanden, und dieses ist ein Beweis, daß diese Eigenschaft nicht unmittelbar mit dem Leben verknüpft ist. Es giebt indessen manche elastische Bewegungen zusammengesezter Organe, die nur in einer gewissen Lebensperiode eintreten und sich dann nicht mehr wiederholen; dahin gehört das elastische Zurückschnellen der Staubgefäße bei den Wandkräutern (Parietaria) und des Schiffchens der Schmetterlingsblumen bei den Indigpflanzen (Indigofera), ferner das elastische Aufspringen mancher Früchte, wie bei den Balsaminen und den meisten Euphorbiaceen, welchen Erscheinungen eine gewisse Anordnung der Elementarorgane oder auch (wie bei den Indigpflanzen) eine eigene Zusammenfaltung der zusammengesezten Organe zu Grunde liegt, die, durch eine erfolgende Dehnung oder durch das Austrocknen der Flüssigkeiten gestört, einmal diese elastische Bewegung veranlaßt, aber dann nicht mehr wiederholt.

Die Hygroskopicität oder die Fähigkeit, Flüssigkeiten einzusaugen und denselben den Durchgang zu gestatten, besizt das Pflanzengewebe, namentlich die Zellenmembran in hohem Grade, obgleich sie dem Anscheine nach völlig porenlos ist; aber auch diese Eigenschaft ist nicht überall in gleichem Maße vorhanden. Sie ist den Membranen, welche noch nicht durch Anlagerung vieler festen Theile verdichtet oder erhärtet sind, in vorzüglichem Grade eigen. Daher erscheint sie von besonders auffallender Stärke in den Zellen der äußersten Wurzelspitzen, in den Zellen und Haaren der Oberhaut, in dem Marke, in den Haarkronen der Korbblüthigen, in den Zähnen der Büchsenmündung bei Moosen, in den Haarschöpfen vieler Samen u. s. w. Daher zeigt sie sich stärker im Bast als im Splinte, und wieder stärker in diesem als im Herzholz. Auch die Hygroskopicität besteht in dem Pflanzengewebe noch nach dem Tode fort, und verursacht in manchen abgestorbenen Pflanzentheilen Bewegungen, wodurch diese wie belebt erscheinen. Ein auffallendes Beispiel davon geben die zarten, schon früher (S. 443) beschriebenen Fäden an den Sporen der Schafthalme; auch die Sporenschleudern der Lebermoose (S. 413) sind sehr hygroskopisch. In den meisten Fällen trägt die Hygroskopicität hauptsächlich zur Vermehrung der Elasticität bei, und diese beiden Eigenschaften scheinen überhaupt im Pflanzengewebe einander gegenseitig zu be-

tingen. Das Aufspringen der Früchte, das Oeffnen und Zurückrollen der Antherenklappen könnte allerdings ohne die elastische Eigenschaft des Pflanzengewebes nicht erfolgen; aber es erfolgt doch nur durch das Verschwinden der Feuchtigkeit. Im trocknen Zustande ist die Elasticität der einmal auseinander getretenen Klappen so sehr vermindert, daß sie sich nicht mehr in ihre ursprüngliche Lage zurückbewegen können; werden aber diese Theile in Wasser gelegt, so erhalten sie durch ihre hygroskopische Eigenschaft das Vermögen, ihre frühere Lage einzunehmen, und die Fruchthüllen und Antherenfächer schließen sich wieder. Dadurch, daß das trockne Pflanzengewebe oft sehr begierig die Luftfeuchtigkeit einsaugt, und diese schon in sehr geringen Mengen eine bemerkbare Ausdehnung in demselben bewirkt, oder auch dadurch, daß häufig der Grad der Hygroskopicität des Pflanzengewebes in einer und derselben Pflanze, ja in dem nämlichen Organe an verschiedenen Stellen ungleich ist, entstehen manche auffallende Erscheinungen, wegen deren man gewisse Pflanzen und Pflanzentheile vorzugsweise als hygroskopische bezeichnet. Dahin gehört das gemeine Huffkraut oder die sogenannte Jerichorose (Anastatica hierochuntica), eine sehr ästige Pflanze, aus der Familie der Kreuzblüthigen, welche im trocknen Zustande alle ihre Zweige oberwärts zusammenzieht, beim Befeuchten aber wieder ausbreitet, was sich auch bei der todten Pflanze noch wiederholen läßt. Eine ähnliche Erscheinung kommt bei den meisten Moosen vor, deren Blätter im trocknen Zustande sich zusammenziehen und dabei gewöhnlich fest an den Stengel anlegen, im feuchten Zustande dagegen sich ausbreiten. Hier scheint blos durch die Einsaugung der Feuchtigkeit das beim Trocknen mehr zusammengezogene Zellgewebe in allen Theilen sich wieder auszudehnen. Anders verhält es sich mit den Zähnen des Besatzes (Peristoms) der Moosfrucht und mit den schnabelförmigen Anhängseln der Früchtchen bei Storchschnabel-Arten (Geranium), welche sich im trocknen Zustande nach Außen biegen oder umrollen und im feuchten Zustande wieder aufrichten oder gerade strecken. Hier sind offenbar die Membranen der Zellen auf der äußern Seite stärker hygroskopisch als auf der innern; daher ziehen sich die erstern beim Eintrocknen mehr zusammen, dehnen sich aber auch beim Wiederbefeuchten stärker aus als die Zellen-

membranen der innern Seite, und verursachen dadurch jenes wechselnde Auf- und Zurückbiegen. Besonders schön ist diese Erscheinung bei den langen Zähnen des Zittermooses (Tayloria), welche im trocknen Zustande in geschlängelten Biegungen nach Außen zurückgeschlagen sind, befeuchtet aber sich wie eine Uhrfeder so stark einrollen, daß sie von der Büchsenmündung ganz verdeckt werden. Bei den beweglichen Peristomzähnen der Moose kommen gewöhnlich auf der innern Seite stark vorspringende Querstreifen, durch die wagerechte Zellenwände gebildet, vor, wodurch die Zähne gleichsam gegliedert erscheinen, und diese Einrichtung trägt offenbar zur leichtern Beweglichkeit dieser Zähne bei; denn wo diese erhabenen Querstreifen fehlen, wie bei mehreren Moosgattungen (Didymodon, Trichostomum und Racomitrium), bemerkt man auch diese Beweglichkeit der Zähne nicht. Auf den Anhängseln der Storchschnabelfrüchtchen wird dagegen die innere Seite aus sehr engen, gestreckten, dickwändigen Zellen gebildet, während die äußere Seite aus dünnwändigen Zellen besteht, welche sich beim Eintrocknen verkürzen und im feuchten Zustande verlängern, während die dickwändigen Zellen der Innenfläche ihr Volumen wenig oder nicht verändern. Die Art, wie hier die Hygroskopicität wirkt, kann man schon an dem trocknen häutigen Lager einer Ulve erkennen, wenn man dasselbe auf die flache Hand legt; hier reicht die Ausdünstung der Haut schon hin, um eine Ausdehnung der die Hand berührenden Zellenmembranen zu bewirken; man sieht daher die Ränder der Ulve sich erheben und nach oben eine konkave Fläche bilden. Das Umrollen der Antherenklappen nach Außen rührt ebenfalls von der stärkern Hygroskopicität der äußern Zellenschichte her, während auf die mit den faserähnlichen Verdickungen versehenen Zellenwände der innern Schichte die Ab- und Zunahme der Feuchtigkeit weit weniger Einfluß äußert. Gerade umgekehrt verhält es sich mit der tiefgespaltenen Fruchtdecke des hygrometrischen Sternstäublings (Geaster hygrometricus), deren spitze Lappen im trocknen Zustande einwärts gekrümmt sind und den eigentlichen Sporenbalg ganz verdecken, im feuchten Zustande aber sich zurückschlagen und den leztern bloslegen; diese Lappen bestehen aus zwei deutlich unterschiedenen Zellgewebsschichten, von welchen die äußere fest, fast holzig, die innere aber weich und sehr hygroskopisch ist, und

nur durch die Verkürzung der Zellenmembranen dieser Seite im trocknen, und deren Verlängerung im feuchten Zustande wird die abwechselnde Schließung und Ausbreitung der Lappen hervorgebracht.

Endlich besitzen viele Pflanzentheile die Neigung, sich beim Trocknen schraubenförmig zu drehen, wie die Fruchtstiele mancher Moose (z. B. von Funaria hygrometrica), die Staubbeutel mehrerer Gentianeen (Erythraea), die Blüthenhüllen verschiedener Irideen (Moraea, Iris), die Grannen vieler Gräser und die langen Anhängsel auf den Früchtchen der Reiher- und Kranichschnabel-Arten (Erodium, Pelargonium). In diesen Fällen scheinen nicht blos die verschiedenen Flächen der Theile durch die hygroskopische Eigenschaft ihres Gewebes von einander abzuweichen, sondern auf der nämlichen Seite scheinen streifenweise gestellte Zellen vorzukommen, deren Wände für die Zu- und Abnahme der Feuchtigkeit empfänglicher sind, als die der angrenzenden Zellenreihen. Wenigstens läßt sich auf den Fruchtschnäbeln der Erodien und Pelargonien nicht allein an der innern Fläche die Schichte der schmalen, dickwändigen Zellen, wie bei Geranien erkennen, sondern, wenn man dieselben, nachdem sie im Wasser sich aufgedreht und gestreckt haben, wieder trocknen läßt, so kann man während ihres nun an der Luft langsam erfolgenden Zusammendrehens deutlich erkennen, wie die mittlere Zellenlage ihrer äußern oder Rückenfläche sich weit stärker zusammenzieht als die beiden Ränder, die sich daher nach Außen biegen und dadurch die schraubenförmige Drehung hervorrufen.

Da in der hygroskopischen Eigenschaft mancher Pflanzentheile eine sehr große Regelmäßigkeit wahrgenommen wird, so hat man dieselben auch zur Bestimmung des stärkern oder geringern Grades der Luftfeuchtigkeit (als Hygrometer) zu benutzen versucht, und man hat dazu namentlich zarte Streifen aus dem Lager größerer Tangalgen (Laminaria saccharina, Fucus loreus, Laminaria digitata, Scytosiphon Filum), so wie die Grannen von Bartgräsern (Andropogon) angewendet.

Die Ausdehnbarkeit, vermöge welcher die Membranen und Fasern bis zu einem gewissen Grade sich stetig erweitern können, ohne gerade durch die Aufnahme neuer Theile ihre

Masse zu vermehren, ist eine Eigenschaft, die nicht mit der Elasticität verwechselt werden darf, vermöge welcher die Wände der Elementarorgane, nach einer durch die innerhalb oder außerhalb derselben befindlichen Stoffe erlittenen Ausdehnung, sich wieder in ihre vorige Lage zurückzuziehen streben. Auf der Ausdehnbarkeit der Membranen und Fasern beruht zum Theil schon die Vergrößerung der zusammengesezten Pflanzentheile durch das Wachsthum. Wer den Keimungsproceß kryptogamischer Gewächse, namentlich der Farne und laubartigen Lebermoose, mit Aufmerksamkeit verfolgt, der kann sich (am schönsten bei dem rein zelligen Vorkeim) überzeugen, daß die Vergrößerung der keimenden Pflanze nicht blos durch Bildung neuer, sondern auch durch Erweiterung der bereits gebildeten, anfänglich viel kleinern Zellen besteht. Am auffallendsten giebt sich aber die Ausdehnbarkeit der Zellenmembran in den Fruchtstielen der Lebermoose, z. B. der breitlaubigen Jungermannie (Jungermannia epiphylla) kund, die sich in der Zeit von wenigen Stunden um mehrere Zolle verlängern können; wenn man diese zarten Fruchtstiele vor und nach dieser raschen Vergrößerung untersucht, so erkennt man leicht, daß dieselbe nicht in Folge einer neuen Bildung von Zellen, sondern lediglich durch die ungemein starke Längendehnung aller vertikalen Wände der anfänglich tessularischen Zellen geschieht; es wäre auch nicht zu begreifen, wie sich in dieser kurzen Zeit eine so große Menge neuer Zellenmassen erzeugen könnte, und daß dieses wirklich nicht der Fall ist, beweist auch noch die Zartheit und Durchsichtigkeit dieser Fruchtstiele, welche nach deren Dehnung weit größer ist, als vorher. Die Ausdehnbarkeit des Pflanzengewebes dauert jedoch nur eine bestimmte Zeit in der lebenden Pflanze; nach dem Tode ist diese Eigenschaft nicht mehr vorhanden, und jede alsdann noch bemerkbare Ausdehnung ist eine Folge der beiden vorhergehenden Eigenschaften. So kann sich die Oberhaut eines Zweiges, bei zunehmender Dicke desselben, bis zu einem gewissen Grade ausdehnen, zerreißt aber endlich durch die fortwährende Vergrößerung des Zweiges und schälfert sich ab, wie man an den zwei- und mehrjährigen Aesten vieler Bäume und Sträucher sehen kann; das Nämliche geschieht später auch mit der Rinde, deren äußersten Schichten ebenfalls bersten und dann durch die innern ersezt wer-

den. Die Ausdehnbarkeit des Gewebes ist in seiner ersten Jugend am stärksten; sie nimmt in dem Verhältnisse ab, wie durch Verdickung und Erhärtung der Membranen, durch vermehrte Aufnahme und Anlagerung von festen Stoffen, die Biegsamkeit sich vermindert, und hört endlich ganz auf. Die scheinbar unbegrenzte Ausdehnung bei dem das ganze Leben hindurch währenden Wachsthum der Pflanzen rührt von der unaufhörlichen Entstehung neuer Zellen und Gefäße her. Die ältern Elementarorgane gelangen früher oder später zu dem erwähnten Zustande der Verminderung oder Aufhebung ihrer Ausdehnbarkeit; doch ist das gänzliche Aufhören derselben nicht immer, wie bei der abgestorbenen Oberhaut und äußern Rindenschichte, als die Ursache des Todes zu betrachten, da z. B. in dem festesten Herzholz eines gesunden Baumes, wo eine weitere Ausdehnbarkeit der verdickten und erhärteten Zellenwände nicht wohl angenommen werden kann, das Leben keineswegs erloschen ist. Daraus geht hervor, daß die Eigenschaft der Ausdehnbarkeit, welche das Pflanzengewebe zwar ebenfalls mit manchen unorganischen Körpern gemein hat, nicht nur nach dem Tode nicht fortbesteht, wie die Elasticität und Hygroskopicität, sondern auch schon während des Lebens aufgehoben seyn kann, also schon inniger mit dem Leben selbst in Verknüpfung stehen muß als die übrigen Eigenschaften, die wir als unorganische bezeichnet haben.

§. 160.

Was die organischen Eigenschaften betrifft, so läßt uns schon der einfache und mehr gleichförmige Bau der Pflanzen auch auf eine größere Einfachheit und Gleichförmigkeit der Eigenschaften ihres Gewebes schließen, welche dieses mit dem der übrigen organischen Körper, nämlich der Thiere, gemein hat. Während dem thierischen Organismus, außer der allgemeinen Erregbarkeit seines Gewebes, noch die Reizbarkeit (Irritabilität) durch das Muskelsystem, und die Empfindbarkeit (Sensibilität) durch das Nervensystem, verliehen ist, finden wir in dem Organismus der Pflanzen, bei dem Mangel der beiden lezten Systeme, auch nur die erste der genannten Eigenschaften, oder die Erregbar-

keit der Membranen und Fasern deutlich ausgesprochen *). Erregbarkeit (Excitabilität) nennen wir aber diejenige Eigenschaft, vermöge welcher sich das Pflanzengewebe während des Lebens gegen äußere Potenzen — Wasser, Luft, Wärme und Licht — ganz anders verhält, als nach dem Tode, indem es der auflösenden Kraft des erstern widersteht, und durch die andern zu mannigfacher Thätigkeit angeregt wird, welche mit dem Leben erlöscht.

Die Erregbarkeit ist demnach die Eigenschaft, welche unmittelbar mit dem Leben zusammenhängt und durch welche die Lebenskraft erst in den Stand gesezt wird, alle die zahlreichen Thätigkeiten und Umwandlungen im Pflanzenkörper hervorzurufen, die unmöglich die Wirkungen rein physikalischer und chemischer Kräfte, bei der Gegenwart von blos unorganischen Eigenschaften der Materie, seyn könnten. Die Erregbarkeit ist mit dem organischen Bau aufs Innigste verknüpft und muß als die Grundeigenschaft aller organischen Gewebe betrachtet werden; sie wird daher so-

---

*) Agardh (Allgem. Biologie der Pflanzen S. 203 — 208) nimmt an, daß (da die Pflanzen aus, der ganzen organischen Natur gemeinschaftlichen, Elementarorganen zusammengesezt seyen) der ganze Thierorganismus aus elementären Organen besteht, welche Pflanzen und Thieren gemein sind, und welche nur insofern verändert wurden, als der Thiere Verschiedenheit es nothwendig machte. Er findet in Folge seiner zwischen den Elementarorganen der Thiere und Pflanzen angestellten Vergleichung, daß der erhärtete, alle Zwischenräume durchdringende Schleim der Gewächse dasselbe Grundorgan, wie das Schleimgewebe der Thiere sey, daß die Membran, welche die Hauptmasse des Gewächses ausmacht, den Muskeln der Thiere, die grünen Körnchen (das Chlorophyll?) der Pflanzen aber den Nerven entsprechen. Das Leztere schließt er aus der Saftbewegung bei den Charen, welche ganz und gar den grünen Körnchen in der Membran folgt, so wie aus Dutrochet's Angabe, daß die grünen Körnchen sich bei den Pflanzen allenthalben chemisch wie Nervensubstanz verhalten sollen. Ungeachtet dieser (wenigstens in dem lezten Punkte) wohl zu weit getriebenen Vergleichung, äußert er doch mit vollem Rechte, daß oft die Organe noch in einem Organismus vorhanden seyn können, ohne die Funktionen auszuüben, denen sie in einem andern vorstehen. Wenn wir daher auch jene Vergleichung gelten lassen wollten, so würde es doch nicht weniger wahr bleiben, daß die den Verrichtungen der Muskeln und Nerven bei den Thieren zu Grund liegenden Eigenschaften den Pflanzen fehlen müssen, da denselben diese Verrichtungen selbst abgehen.

wohl der Zellenmembran als auch der Gefäßfaser zukommen, und wenn gleich die leztere keine Erscheinungen darbietet, die uns durch directe Beobachtung bestimmt von ihrer Erregbarkeit überzeugen können, so sprechen doch die offenbar stattfindenden, freilich zum Theil noch wenig gekannten, Verrichtungen der Pflanzengefäße für das Daseyn dieser Eigenschaft. Dagegen zeigt uns das Zellgewebe eine Menge von Erscheinungen, wie die Einsaugung der Wurzeln, das Aufsteigen des Nahrungssaftes, die Bewegung der Säfte innerhalb und außerhalb der Zellen und viele andere, die wir später noch werden kennen lernen, welche uns auf die Erregbarkeit der Zellenmembranen mit Zuverläßigkeit schließen lassen.

Der Grad der Erregbarkeit kann indessen in den Elementarorganen derselben Pflanze oder ihrer einzelnen Theile wechseln. Sie zeigt sich z. B. stärker in den jüngern, zärtern und noch mehr biegsamen Membranen als in den ältern, welche durch die Aufnahme und Anlagerung verschiedener Stoffe fester und starrer geworden sind. Daher sieht man auch in den jüngern Pflanzentheilen alle Verrichtungen kräftiger und rascher von Statten gehen als in den ältern. In demselben Verhältnisse wirken auch die äußern Potenzen verschieden auf die Erregbarkeit des Gewebes ein, und der Reiz der Wärme, des Lichtes, des Wassers, so wie überhaupt die Einwirkung der auf das Pflanzenleben Einfluß äußernden Stoffe, werden das noch zarte Pflanzengewebe weit stärker afficiren als das fest und starr gewordene. Besonders ist die Stärke der Erregbarkeit in verschiedenen Pflanzen oft sehr verschieden ausgesprochen. Während wir in den meisten Fällen im Aeußern der Gewächse, die Erscheinungen, welche uns auf eine Erregbarkeit ihres Gewebes schließen lassen, nur allmälig und mehr stetig eintreten sehen, wie die Hinneigung der obern Blattfläche gegen das von einer bestimmten Seite einfallende Sonnenlicht, das Aufrichten der durch Trockenheit des Bodens und der Luft welkgewordenen Theile beim Begießen mit Wasser, das Zusammenlegen der Blätter beim Schlafe, ihr Wiederausbreiten beim Erwachen u. s. w., zeigt sich in gewissen Theilen mancher Pflanzen eine weit stärkere, zuweilen mit überraschenden Erscheinungen verbundene Erregbarkeit. Dahin gehört die früher schon erwähnte Bewegung der Fiederblättchen des Hedy-

sarum gyrans; aber auch noch andere Bewegungen, welche durch mechanische oder chemische Reize hervorgerufen werden, sind hierher zu zählen, wie in den Blüthen des Sauerdorns (Berberis vulgaris) und mehrerer Cactus-Arten, wo die Staubfäden sich plözlich gegen das Pistill bewegen, wenn man dieselben mit einer Nadel sticht oder auch nur unsanft berührt, oder in den Blüthen mehrerer Korbblütigen, namentlich von Disteln und Flockenblumen (Carduus, Cirsium, Centaurea), deren Antherenbündel, mit einer Nadel gestochen, gegen die Mitte des Blüthenkopfes hinschnellt. Doch tritt hier die größere Erregbarkeit nur in einer gewissen Periode, nämlich zur Blüthezeit ein und währt fast nie über diese Zeit hinaus *). Dagegen giebt es auch Beispiele von einer längeren Dauer dieser Eigenschaft, wie bei der sonderbaren fliegenfangenden Dionäa, deren von breiten geflügelten Blattstielen getragenen, zweilappigen Blattscheiben am Rande gewimpert und auf ihrer oberen Fläche mit kurzen Stachelchen besezt und so erregbar sind, daß sie sich bei jeder Berührung durch einen fremden Körper zusammenschlagen und so fest mit ihren sich übereinander biegenden Wimpern schließen, daß sie Insekten, welche zufällig auf sie gerathen sind, gefangen halten, und sich nicht eher wieder öffnen, als bis dieselben getödtet

---

*) Bei den Staubfäden des Sauerdorns währt jedoch diese stärkere Erregbarkeit über die Dauer der Blüthezeit hinaus, indem selbst die mit den Blumenblättern bereits abgefallenen Staubfäden (nach Smith und Göppert) noch einige Zeit auf einen mechanischen Reiz ihre Bewegung wiederholen. Der Sitz dieser Erregbarkeit ist an dem innern untern Theil der Staubfäden. Diese sind ursprünglich in der offenen Blüthe den Blumenblättern genähert oder liegen diesen selbst ganz an; wenn man sie aber an der erwähnten Stelle berührt, so bewegen sie sich schnell gegen das Pistill; bald darauf entfernen sie sich wieder, anfangs etwas schnell, dann langsamer und nach Verlauf einiger Minuten, je nach der höhern oder niedern Lufttemperatur, haben sie ihre erste Stellung wieder eingenommen, worauf sie durch einen neuen Reiz wiederholt zu jener Bewegung veranlaßt werden können. Diese Erscheinung läßt sich aber nicht blos durch unmittelbare Berührung, vermittelst einer Nadel oder dergl., sondern auch durch sehr starke Erschütterung, heftiges Blasen (vorzüglich wenn dasselbe durch ein enges Rohr auf einen Punkt gerichtet wird), so wie durch Eintauchen in heißes Wasser hervorrufen. Doch zerstört das leztere, wenn es zu stark erhizt war, die Erregbarkeit, so daß sich die Bewegung später nicht mehr einstellt.

oder so ermüdet sind, daß sie durch ihre Bewegungen den Reiz nicht mehr erneuern können, welcher das Schließen des Blattes verursachte. Auch die mit gallertigen Tröpfchen versehenen Blatthaare des Sonnenthaus (Drosera) legen sich, wenn sie berührt werden, auf die Blattscheibe nieder. Die Fiederblättchen der Robinien (Robinia Pseudacacia, R. viscosa und R. hispida) biegen sich langsam herab und legen sich paarweise aneinander, wie zum Schlafe, wenn der Zweig, an welchem die Blätter sitzen, einigemale rasch und stoßweise geschüttelt wird, und sie erheben sich später eben so langsam wieder; doch dürfen die Blätter nicht unmittelbar von der Sonne beschienen seyn. Ferner zeichnen sich die Blätter mancher Sauerklee-Arten (Oxalis casta, O. sensitiva) und der empfindlichen Smithie (Smithia sensitiva) durch eine sehr starke Erregbarkeit aus; aber bis zum höchsten Grade gesteigert sehen wir dieselbe in den mehrfach gefiederten Blättern der meisten Mimosen, und vor allen bei Mimosa pudica, die daher auch vorzugsweise als Sinnpflanze bezeichnet wird. Bei dieser bewirkt schon ein sehr geringer Stoß, daß die Fiederblättchen, welche er betroffen, sich wie zum Schlafe zusammenlegen; werden die Stöße allmählig verstärkt wiederholt, so legen sich auch die Blättchen der benachbarten sekundären Blätter zusammen, dann biegen sich die Spindeln dieser Blätter und endlich der ganze gemeinschaftliche Blattstiel herab; trifft die Erschütterung den ganzen Stamm, so treten diese Bewegungen bei allen Blättern der Pflanze ein und zwar immer von den verdickten Gelenken der Blattstiele ausgehend, in welchen also der Hauptsitz der Erregbarkeit seyn muß. Eben so, wie die mechanischen, können auch chemische Reizmittel diese Erscheinungen hervorrufen. Wird nämlich ein Tropfen einer starken Säure (Salpeter- oder Schwefelsäure) behutsam auf ein Blatt gebracht, so schließen sich plötzlich die Fiederblättchen und senkt sich der Blattstiel nieder, und dasselbe geschieht allmählig bei allen oberhalb dem betropften Blatte stehenden Blättern, ohne daß die tiefer stehenden an der Bewegung Theil nehmen, als wenn der chemische Reiz mit dem aufsteigenden Safte nur den oberen Theilen der Pflanze mitgetheilt würde. Diese höhern Grade der Erregbarkeit hat man nun vielfältig mit der Reizbarkeit (Irritabilität) des thierischen Organismus verglichen. Da

sich aber in den damit begabten Pflanzen kein besonderer Bau der beweglichen Theile erkennen läßt, da die Bewegungen selbst eigentlich denen bei andern Pflanzen vorkommenden ähnlich sind, und nur durch mechanische oder chemische Reize hier leichter hervorgerufen oder beschleunigt werden können, so kann man dieselben auch nicht einer besondern Eigenschaft zuschreiben, sondern lediglich als Folge einer höher gesteigerten Erregbarkeit gelten lassen, durch welche das der lebenden Zellenmembran eigene Vermögen sich wechselsweise zusammenzuziehen und wieder auszudehnen, in gleichem Verhältnisse gesteigert, sich deutlicher in der äußern Erscheinung kund giebt.

Zweiter Abschnitt.

Von den besondern Lebenserscheinungen der Pflanzen oder von den Verrichtungen der Organe.

Erster Artikel.

Von den Verrichtungen der Elementarorgane.

§. 161.

Die einzelne Zelle erscheint bei ihrer Entstehung als ein mit Flüssigkeit erfülltes Bläschen, dessen Membran sich allmälig so weit ausdehnt, bis die Zelle ihre völlige Größe erreicht hat; die Zelle wächst, indem ihre Membran, sowohl durch die Vermehrung ihres Stoffes als auch vermöge ihrer Ausdehnbarkeit, sich bis zu dem ihr bestimmten Maße erweitert. So lange ihr eigenes Wachsthum dauert, wird auch die Funktion der Zelle vorzugsweise auf dieses gerichtet seyn; wenn aber einmal ihre größte Ausdehnung erreicht und dadurch das Zellgewebe gebildet ist, so tritt sie in Wechselwirkung mit den benachbarten Zellen und die in jeder Zelle noch stattfindenden Veränderungen stehen zugleich in Beziehung mit der allgemeinen Verrichtung der Zellenmasse. Die allgemeine Funktion des Zellgewebes besteht aber in Auffaugung der Flüssigkeit und in Zubereitung derselben, damit sie zur Ernährung und Vergrößerung der schon vorhandenen, so wie zur Bildung neuer Theile dienlich werde. Dabei muß aber jede einzelne Zelle auf die andere ihre Thätigkeit äußern,

und da jede derselben mit Flüssigkeit erfüllt ist, so muß die lezstere aus einer Zelle in die andere übergehen, so daß schon durch diese gegenseitige Thätigkeit der Zellen eine Bewegung der Flüssigkeit durch das ganze Zellgewebe hervorgerufen wird.

Der Uebertritt der Flüssigkeit aus einer Zelle in die andere wird zwar schon durch die hygroskopische Eigenschaft der Membran möglich gemacht; es kommen aber dabei noch so mancherlei Erscheinungen vor, daß man die mächtige Einwirkung einer organischen Thätigkeit nicht verkennen kann. Außer der allgemeinen Bewegung der Flüssigkeit im Zellgewebe, welche durch den Uebergang derselben von Zelle zu Zelle hervorgebracht wird, die aber nicht beobachtet werden kann, findet nämlich noch eine kreisende Bewegung des Zellensaftes in jeder einzelnen Zelle statt, welche sich in manchen Pflanzen wirklich durch die Beobachtung nachweisen läßt. Diese Säftebewegung wurde bis jezt in den Zellen der Vallisnerie (Vallisneria spiralis), des Froschbisses (Hydrocharis Morsus ranae), der Caulinie (Caulinia fragilis) und der Armleuchter-Arten (Chara) erkannt, und läßt sich namentlich in den lebenden Pflanzen der leztern, wegen der Größe und Durchsichtigkeit ihrer Zellenwände sehr deutlich unter dem Mikroskope verfolgen. In allen genannten Fällen wird die Bewegung des Zellensaftes dadurch kenntlich, daß man in demselben Körnchen oder Bläschen (Saftkügelchen, Saftbläschen) schwimmen sieht, die sich immer im Umkreis der Zellenhöhle, nahe bei der innern Zellenwand, in gleicher Richtung fortbewegen, so daß in den tessularischen oder mehr kugeligen Zellen wirklich eine Kreisbewegung entsteht, in den mehr verlängerten Zellen aber der Saftstrom auf der einen Seite an der senkrechten Wand hinauf, unter der obern Querwand hinüber, auf der andern Seite an der senkrechten Wand wieder herab und über die untere Querwand herüber geht, wodurch für das Auge, welches nur einen Theil der gegenüberliegenden Längenwände der Zelle zugleich überblickt, zwei entgesezte Strömungen entstehen, die durch den innern Raum der Zellenhöhle, in welcher keine Saftkügelchen fließen, getrennt sind. Daß diese Bewegung des Saftes im Innern einer jeden Zelle unabhängig von den benachbarten Zellen geschieht, beweist die an Chara-Arten gemachte Beobachtung, wo in einzelnen, von den übrigen losgetrennten Zel-

len, einen ganzen Tag hindurch die Säftebewegung fortdauerte, wenn diese Zellen unter Wasser gelegt und so vor dem Austrocknen geschüzt waren. Es muß also in jeder einzelnen Zelle eine Wechselwirkung zwischen der Membran und dem flüssigen Inhalte stattfinden und diese Wirkung kann nicht auf einer der oben beschriebenen Eigenschaften des Gewebes beruhen, sondern muß die Folge einer von der Lebenskraft ausgehenden Thätigkeit seyn. In den meisten der vorhin erwähnten Pflanzen läßt sich kein eigenthümlicher Bau der Zellenmembran erkennen, und ihre Zellen unterscheiden sich in Nichts von den gewöhnlichen dünnwändigen Zellen anderer Pflanzen; aber bei den Chara-Arten, deren Zellen, namentlich die des Stengels, sehr verlängerte cylindrische Röhren darstellen, ist die innere Zellenwand mit sehr genäherten Streifen, aus aneinandergereiheten, grünen, chlorophyllähnlichen Körnchen bestehend, ausgekleidet. Diese grünen Streifen, welche unter einer sehr starken Vergrößerung perlschnurförmig erscheinen [1]), haben bei den Arten, welche nur aus einfachen aneinander gereiheten Zellen bestehen, wie bei Chara flexilis und Ch. tenuissima, eine senkrechte, mit der Längenachse der Zelle parallele Richtung [2]); bei denjenigen Arten aber, wo eine größere Röhrenzelle Außen mit engeren, schraubenförmig gewundenen Zellen umgeben ist, wie bei Chara hispida und Ch. vulgaris, zeigen auch die grünen Streifen auf der Innenwand der größern Zellen eine spiralige Richtung [3]). In beiden Fällen ist nicht die ganze Zellenwand mit den Streifen bedeckt, sondern diese lassen auf zwei entgegengesezten Seiten einen Zwischenraum, welcher, da hier die bloße Zellenmembran vorhanden ist, als ein breiter, durchscheinender, ungefärbter Streifen erscheint, und im ersten Falle ebenfalls eine gerade und senkrechte, im zweiten Falle aber eine spiralig gewundene Richtung hat. In diesen Zellen sieht man nun den Lauf der Saftkügelchen immer der Richtung der grünen Streifen folgen, so daß der Saftstrom im ersten Falle an den Seitenwänden ebenfalls parallel mit der Längenachse der Zelle geht, im andern Falle aber in Spiralwindungen sich bewegt; unter dem durchscheinenden, streifenlosen Raume der Zel-

---

[1]) Bischoff, kryptogam. Gewächse. Lief. 1, Tab. 2, Fig. 43*. — [2]) Das. Fig. 42. — [3]) Das. Fig. 45.

lenwände findet jedoch keine Strömung des Saftes statt, und er bildet demnach die Grenze zwischen dem aufsteigenden Strome der einen und dem absteigenden der andern Seite. Hier muß also offenbar eine nähere Beziehung zwischen der Säftemasse und der scheinbar ihren Lauf bestimmenden, grünen Streifen der Innenwand der Zellen vorhanden seyn. Daß aber, wie Manche annehmen wollen, diese Streifen überhaupt die Ursache der Saftbewegung in den Zellen der Charen seyen, ist schon darum nicht wahrscheinlich, weil in den übrigen Pflanzen, wo diese Bewegung bis jezt ebenfalls gesehen wurde, keine solche Streifen vorhanden sind und diese auch in den jungen, eben aufgekeimten Pflänzchen der Charen selbst fehlen, ungeachtet der Saft in den noch farblosen Zellen schon in voller Bewegung ist [1]). Wir dürfen daher vielleicht mit größerem Rechte annehmen, daß hier die Anlagerung der offenbar aus der Zellenflüssigkeit abgeschiedenen, grünen Körner, vielmehr umgekehrt durch die schon ursprünglich bestimmte Richtung des Saftstromes bedingt, nur in dieser Richtung erfolge, wodurch dann die senkrechten oder spiraligen, perlschnurähnlichen Streifen sich bilden, die deßwegen auch auf jenem Raume der Zellenwand fehlen, in welchem nie eine Saftbewegung stattfindet *).

---

[1]) Bischoff, kryptog. Gewächse. Lief. 1, Tab. 2, Fig. 48.

*) Die Saftbewegung in den Zellen, welche zuerst von Corti (im J. 1774) in den Charen, oder, wie Röper meint, in Caulinia fragilis entdeckt wurde, hat schon zu gar mancherlei Erklärungen Veranlassung gegeben. Während manche diese Bewegung aus dem bloßen Grunde, daß sie den Gesetzen der Hydrostatik entgegen sey, abläugneten, suchten Andere, die sich durch genauere Beobachtung von der Wirklichkeit dieser Thatsache überzeugt hatten, die Ursache derselben auf die Einwirkung entgegengesezter Elektricitäten zurückzuführen, wie Amici, der die grünen Streifen auf der Innenwand der Röhrenzellen bei den Charen für voltaische Säulen hielt, und Dutrochet, welcher behauptete, die Ursache der Bewegung des Pflanzensaftes überhaupt beruhe auf einer beständigen Einwirkung der Elektricität, wodurch von Flüssigkeiten verschiedener Dichtigkeit die eine (in der Regel die dünnere) durch sie trennende Membran dringt, und dieses Durchdringen der Flüssigkeit, welches er Exosmose und Endosmose nennt, sey nun der Grund aller Säftebewegung in der Pflanze. Während also die Einen, die Lebenskraft unberücksichtigend, hier nur die Wirkung rein physikalischer Kräfte sehen wollten, ging Agardh auf der andern Seite so weit, daß er die grünen Körnchen der Streifen sogar für Nervensubstanz erklärte (s. S. 224).

Wenn die grünen Streifen die den Lauf der Saftkügelchen bestimmende Ursache wären, so wäre nicht einzusehen, wie z. B. in den Wurzeln des Froschbisses, in welchen die Zellen der Wurzelzasern eine ihrer Längenachse parallele Saftströmung zeigen, während diese Strömung in den sehr verlängerten, die Wurzelhaare bildenden Röhrenzellen einen spiraligen Zug hat, diese verschiedene Richtung des Saftlaufes statt haben könne, ohne daß hier auf den Zellenwänden eine Spur von jenen grünen Streifen zu entdecken ist, die überhaupt bis jezt nur als eine den Charen eigenthümlich zukommende Bildung erkannt wurden. Wir wollen daher lieber offen bekennen, daß wir in der merkwürdigen Säftebewegung innerhalb der Zellen, wie in so vielen andern Lebenserscheinungen, nur die Wirkung einer von der unsichtbaren Lebenskraft ausgehenden organischen Thätigkeit zu erkennen vermögen, als daß wir am Ende Gefahr laufen, in dem Versuche eine positive Erklärung zu geben (worin uns endlich doch der lezte Grund verborgen bleibt), vielleicht ein Produkt dieser Bewegung selbst für das dieselbe Erzeugende auszugeben.

Wenn wir die übrigen im Innern der Zellen sich darbietenden Erscheinungen ins Auge fassen, so müssen uns vor allen Dingen die mannigfachen Veränderungen auffallen, welche durch die orgarische Thätigkeit in der Zellenflüssigkeit hervorgerufen werden. Wir sehen, wie diese ursprünglich wässerige und farblose Flüssigkeit in einzelnen durch das Zellgewebe zerstreuten Zellen, oder auch in ganzen zusammenhängenden Schichten desselben, nicht allein in den Blüthendecken, sondern auch in allen übrigen Pflanzentheilen, eine verschiedene, oft sehr intensive Färbung annimmt und in die mancherlei Farbstoffe übergeht, die wir früher kennen lernten. Es finden die Umwandlungen der Zellenflüssigkeit in den Anfangs flüssigen Schleim, in die fetten und ätherischen Oele, in die organischen Säuren statt; es werden feste organische Stoffe, wie die Stärkmehl = und Chlorophyllkörner ausgesondert und in den Zellenhöhlen abgelagert; es erfolgt die Ausscheidung eines Theils der im aufgelösten Zustande bis ins Innere der Zellen gelangten unorganischen Salze und Salzbasen in Form von Krystallen, während ein anderer Theil in die Bildung der Zellenmembran selbst übergeht, wie die festen und harten, viele Kieselerde enthaltenden Wände der Oberhautzellen bei Gräsern, Schafthalmen

und dem spanischen Rohr, ferner die beinharten Zellen in manchen Frucht- und Samenschalen beweisen*). Die in den Zellen waltende Thätigkeit äußert sich wieder auf verschiedene Weise in den verschiedenen Theilen der Pflanze, und während in den meisten Wurzeln und unterirdischen Stämmen, namentlich in den Knollen, vorzugsweise Stärkmehl, in manchen Wurzeln, z. B. bei den Malvaceen, aber auch hauptsächlich Schleim erzeugt wird, bilden die Zellen des Blattparenchyms vornämlich grünen harzigen Farbstoff, die Zellen der Stein- und Kernfrüchte, Zucker und freie Säuren, die des Samenkerns wieder Stärkmehl und namentlich auch fette Oele aus u. s. w. Bei diesen ersten Ausscheidungen der Zellenflüssigkeit bleibt aber die dem Zellgewebe einwohnende Thätigkeit nicht stehen, sondern die Verrichtungen der Zellen gehen noch viel weiter, indem unter den einmal gebildeten organischen Stoffen selbst wieder eine mannichfaltige Umwandlung, ein fortwährender Uebergang des einen in den andern und damit ein Stoffwechsel in dem Pflanzengewebe stattfindet, dessen Gränzen außer unserer Beobachtung liegen.

Unter den aus der Zellenflüssigkeit erzeugten organischen Stoffen scheint der Schleim eine vorzüglich wichtige Rolle bei der Bildung der meisten übrigen Bestandtheile, besonders aber des Pflanzengewebes selbst zu spielen. Ueberall, wo eine neue Zellen- und Gefäßbildung stattfinden soll, läßt sich mehr oder weniger deutlich eine Ablagerung von schleimiger oder gallertartiger Substanz erkennen, welche wohl nicht anders als im Innern der Zellen bereitet, durch die Wände gleichsam ausgeschwizt und an den Stellen angehäuft wird, wo sich die neuen Elementarorgane aus ihr bilden sollen. In diesem schon sehr weit organisirten Zustande, in welchem sich dieselbe, als eine dickliche, etwas schlüpfrige Masse, besonders im Frühling, zwischen Holz und Rinde, um den Bast der Bäume erkennen läßt, hat sie den Namen

*) So enthält, um nur ein Beispiel zu geben, die beinharte Fruchthülle des Lithospermum officinale 19,58 Kieselerde und 47,78 kohlensauren Kalk, also über $\frac{2}{3}$ an festen unorganischen Bestandtheilen, welche in die Bildung der verdickten Zellenwände dieser Fruchthülle selbst mit eingegangen seyn müssen, da sich hier, so wenig als in den erhärteten Steinschalen anderer Pflanzen (s. S. 98), in der Zellenhöhle eine Ablagerung erdiger Stoffe nachweisen läßt.

Cambium (Bildungssaft, Holzschleim, S. 136) erhalten. Ueber die Art, wie die Elementarorgane aus dieser Substanz sich erzeugen, ob die Bildung neuer Zellenmembranen durch das Zusammentreten kleiner, wasserheller Bläschen geschieht, welche nach Hartig*) in den, mit neuen Organen zu füllenden Räumen im Cambium entstehen sollen, und die er vegetabilische Monaden nennt, oder ob (nach den Beobachtungen von Mirbel und Treviranus) zuerst zarte weiche Fäden, mit einer körnigen Masse überzogen, in dem Cambium sich bilden, wovon die erstern die Anfänge der Gefäße, die Körner dagegen die Anfänge der Zellen seyn sollen, indem jedes einzelne Körnchen oder vielmehr Bläschen, durch Erweiterung seiner Membran, zu einer in sich geschlossenen Zelle sich ausbilde, müssen uns noch spätere Forschungen aufklären.

So viel haben wir indessen aus der anatomischen Untersuchung der Gewächse erfahren, daß die eben erst gebildeten Zellen in den jüngsten Pflanzentheilen zärtere, durchscheinende und gleich dicke Wände haben, und daß da, wo man später dickwändige Zellen antrifft, die Membran derselben im weitern Wachsthum sich allmählig erst verdickt hat, wie z. B. im Holzkörper der Gefäßbündel und in den aus einem ursprünglich weichen, dünnwändigen Zellgewebe sich bildenden Steinschalen der Früchte. Wir wissen aber auch, daß bei dem Dickerwerden der Zellenwände dieselben gewöhnlich punktirt oder getüpfelt erscheinen (Fig. 37, Fig. 40, Fig. 49, Fig. 52), daß diese Tüpfeln durch Vertiefungen entstehen, welche auf der innern Seite der Membran liegen (Fig. 38, Fig. 39, Fig. 50), und wir werden dadurch zu dem ganz natürlichen Schlusse geleitet, daß die Verdickung der Zellenwände (wie schon §. 13 angegeben worden) durch eine Anlagerung von neuer Zellsubstanz auf der innern Wand der Membranen erfolgen müsse, daß also in der bereits ausgewachsenen Zelle auch innerhalb ihrer Wände Cambium gebildet und abgesetzt werde, welches zu einer die Masse der ursprünglichen Zellenwand vermeh-

---

*) Theodor Hartig, Abhandlung über die Verwandlung der polycotyledonischen Pflanzenzelle in Pilz- und Schwamm-Gebilde, und der daraus hervorgehenden sogenannten Fäulniß des Holzes. Berlin. 1833. S. 5—10.

renden Schichte erhärtet. Wie man in gewissen Pflanzen, namentlich in den Palmen- und baumartigen Farnstöcken, sogar die verschiedenen, in der Zellenhöhle nach einander abgelagerten Schichten unterscheiden könne, ist von Hugo Mohl nachgewiesen und nach ihm auch in Fig. 59 dargestellt worden. Durch diese Verdickung der Wände, welche in vielen Fällen auch von einer größern Erhärtung der Zellsubstanz begleitet ist, wird die Hygroskopicität der Membran sehr vermindert, und diese würde endlich ganz aufgehoben, damit aber der Flüssigkeit die Möglichkeit benommen werden, aus einer Zelle in die andere überzugehen, um darin die, ohne ihre Gegenwart nicht wirkende, Lebensthätigkeit zu erhalten, wenn nicht durch die erwähnten Vertiefungen, welche, als nach Innen offene Kanäle, nur auf der äußern Seite der Zellenwand durch die ursprüngliche, dünne Membran geschlossen sind, die Kommunikation zwischen den Höhlen aller einander berührenden Zellen erhalten würde. Durch diese punktförmigen, verdünnten Stellen, welche in den aneinander liegenden Zellen immer genau einander gegenüberliegen, kann, selbst in dem festen Holz und in der harten Steinschale, immerfort ein ungestörter Uebergang der Flüssigkeit aus einer Zelle in die andere stattfinden. In den Zellen des Holzes und der Steinschalen scheint nun hauptsächlich aus der Zellenflüssigkeit nur Zellstoff ausgeschieden und auf die innere Wand abgelagert zu werden, wodurch eine solche Zelle gleichsam aus einer größern oder geringern Anzahl ineinander geschachtelter Zellen zusammengesezt ist, welche, wie die Entwicklungsgeschichte dieser Zellen zeigt, nach einander entstanden sind, und von denen nur die äußerste völlig geschlossen ist, die übrigen aber alle an denselben Stellen durchbohrt oder porös sind, wodurch eben die innern Vertiefungen und Kanälchen der ganzen verdickten Zellenwand entstehen. Diese fortwährende Anlagerung von neuen Schichten der Zellenmembran innerhalb der alten scheint endlich mehr für die von Hartig angegebene Erzeugungsweise der Zellen aus dem Cambium, als für die Ansicht von Mirbel und Treviranus zu sprechen.

Alle Zellen sind ursprünglich mit Flüssigkeit erfüllt, da ohne die Gegenwart derselben die Ausdehnung der Membran bis zu ihrer bestimmten Größe nicht erfolgen könnte. Später verschwindet aber in manchen Pflanzentheilen diese Flüssigkeit, und die Zel-

len enthalten statt derselben Luft, wie dieses schon (§. 15.) von der Oberhaut, dem Marke, den punktirten Holzzellen der Nadelhölzer und vielen Pflanzenhaaren angegeben wurde. In der Oberhaut und den genannten Holzzellen bleiben jedoch die Zellen auch ohne Saftgehalt noch längere Zeit lebendig, während sie im Marke, nachdem ihr flüssiger Inhalt verschwunden, alsbald abgestorben erscheinen und häufig ganz zerstört werden.

§. 162.

Nachdem wir im Allgemeinen die Verrichtungen, welche im Innern der Zellen vor sich gehen, angedeutet haben, bleiben uns noch die Functionen des Zellgewebes zu betrachten, welche in den Räumen zwischen den Zellen, also außerhalb der leztern stattfinden. Richten wir hier zuerst unser Augenmerk auf die Intercellulargänge, so müssen uns diese, durch das ganze Zellgewebe in allseitiger Verbindung untereinander stehenden Räume als die passendsten Kanäle erscheinen, in welchen der von den Wurzeln eingesogene Nahrungssaft aufsteigt und durch alle Theile des Zellgewebes verführt wird. Wegen des geringen Durchmessers dieser Kanäle ist es bis jezt unmöglich, die Bewegung der Flüssigkeit in denselben wirklich zu sehen, was auch vielleicht bei einer noch stärkern Vergrößerung, als diejenige ist, die wir mit unsern Instrumenten zu erzielen vermögen, nur schwer gelingen möchte, da die Flüssigkeit in ihnen wenig verändert scheint, und daher die Bewegung derselben nicht, wie es in den Zellen der Fall ist, durch in ihr schwimmende Saftkügelchen angedeutet seyn mag. In den Intercellulargängen findet wahrscheinlich keine Verarbeitung der Flüssigkeit statt, sondern sie dienen nur als zuleitende Kanäle, zur Erleichterung und Beschleunigung des Aufsteigens und der allseitigen Bewegung der eingesogenen Flüssigkeit, durch welche unaufhörlich die in den Zellen verarbeitete Flüssigkeit zugleich ersezt wird. Daß auch umgekehrt aus den Zellen die überschüssige Flüssigkeit, nachdem die verschiedenen festen Stoffe aus derselben abgeschieden worden, wieder in die Intercellulargänge zurücktrete und in diesen bis zur Oberfläche der Pflanze, zur Aushauchung in die Atmosphäre, oder in andere Theile des Zellgewebes, zu einer weitern Verarbeitung fortgeführt werde, ist sehr wahrscheinlich. Da nämlich diese Gänge

ursprünglich den gleichen Nahrungssaft aus den einsaugenden Wurzeln erhalten, so müßte dieser, wenn er keine Vermischung mit dem Zellensafte erlitte, auch in allen Theilen der Pflanzen gleich seyn; nun sprechen aber manche Erfahrungen, die später bei der Assimilation des Nahrungssaftes angegeben werden sollen, dafür, daß der einmal in das Pflanzengewebe aufgenommene Saft sofort verändert erscheint und in den verschiedenen Theilen der Pflanze fortwährend eine größere oder geringere Verschiedenheit zeigt, woraus sich mit großer Wahrscheinlichkeit schließen läßt, daß eine stete Vermischung des frisch aufgenommenen Saftes mit dem schon länger im Zellgewebe der Pflanze verweilenden stattfindet, und daß diese Veränderung wohl hauptsächlich durch die aus den Zellen in die Intercellulargänge zurücktretende und mit dem in diesen enthaltenen Safte sich mischende Flüssigkeit erzeugt werde. In der Regel werden in den Intercellulargängen keine festen Stoffe abgelagert, da sie durch dieselben sonst sehr bald verstopft seyn müßten; nur in den Blättern der Torfmoose (Sphagnum) sieht man gerade die zwischen den merkwürdigen Faserzellen liegenden, im Verhältnisse sehr weiten Intercellulargänge auf einem zarten Querschnitte des Blattes mit grünen Farbstoffkörnern mehr oder weniger erfüllt.

Eine andere Erscheinung, welche uns zur Annahme bewegt, daß die Intercellulargänge den Nahrungssaft führen, ist das Ausströmen des Saftes aus der Schnittfläche eines Stammes oder Astes, welches im Frühling besonders reichlich aus dem Stocke frisch gefällter Bäume, ferner bei den beschnittenen Weinreben erfolgt, wo der wasserhelle Saft fortwährend in Tropfen abfließt und das sogenannte Thränen des Weinstocks verursacht. Dieses Ausfließen einer sehr wässerigen, noch wenig veränderten Flüssigkeit läßt sich nicht wohl aus den Zellenhöhlen ableiten, in welchen, wie wir erfahren haben, der Saft so bedeutende Veränderungen erleidet, daß er beim Ausfließen aus den etwa durchschnittenen Zellen nicht mehr so wässerig erscheinen, aus den unversehrten und geschlossenen Zellen aber schwerlich so rasch und in so großer Menge ausgeschieden werden könnte. Uebrigens geschieht dieses Ausströmen des Saftes aus den abgeschnittenen Zweigen mit solcher Gewalt, daß Hales, bei einem 7 Zoll hoch über dem Boden abgeschnittenen Weinstocke, in einer auf der

Schnittfläche angebrachten Röhre, das aus dem Stock ausfließende Wasser 21 Fuß hoch in der Röhre steigen sah, während bei einem andern Versuche oben in die Röhre eingegossenes Quecksilber von dem aus der Schnittfläche herausdringenden Wasser 38 Zoll hoch gehoben wurde, was einer Wassersäule von 43 Fuß $3\frac{1}{4}$ Zoll Höhe gleichkommt, worauf also die das Wasser in die Höhe treibende Kraft den Druck von $2\frac{1}{2}$ Atmosphäre auszuhalten vermöchte und fünfmal stärker wäre als die Kraft, welche das Blut in der Schenkel-Schlagader eines Pferdes treibt. Dieses mit solcher Gewalt erfolgende Ausströmen kann nicht durch ein blos mechanisches Aufsteigen der Flüssigkeit in den engen Intercellulargängen, vermöge einer Haarröhrchen-Anziehung (Kapillarität), erklärt werden, sondern muß die Wirkung einer andauernden organischen Thätigkeit in den diese Gänge einschließenden Zellenwänden seyn, welche Thätigkeit wohl nur in einer abwechselnden Zusammenziehung und Ausdehnung, oder, mit andern Worten, in der Kontraktilität der Zellenmembran besteht. Diese Kontraktilität, welche in Folge der Erregbarkeit in der Zellenmembran durch die Lebensthätigkeit hervorgerufen wird, läßt sich zwar bei der Kleinheit der Elementarorgane in den meisten Fällen nicht geradezu augenfällig nachweisen; aber nicht allein die eben beschriebenen Erscheinungen, so wie die Bewegungen der Flüssigkeit im Innern der Zellen und in den Saftgängen zwingen uns zu einer Annahme derselben, sondern es giebt auch Fälle, wo man die Wirkung dieser Thätigkeit an der Art, wie die Flüssigkeiten ausströmen, ziemlich deutlich erkennen kann. So hat man beobachtet, daß aus den Fiederblättchen des hängenden Molle (Schinus Molle), wenn diese Blättchen oder Stücke derselben auf Wasser gelegt werden, das flüchtige Oel, welches in einzelnen Zellen oder Zellpartieen des Parenchyms enthalten ist, nicht in einem anhaltenden Strome, sondern stoßweise hervorquillt, was wohl nur durch die Kontraktilität der Zellenmembran geschehen kann. Dieses Vermögen der Zusammenziehung giebt sich besonders deutlich bei den gefärbten Säften der Saftgänge kund, zu welchen wir jezt übergehen wollen. Es soll nur noch bemerkt werden, daß da, wo die Zellenmembran abgestorben ist, wie in dem alten Marke, auch keine Bewegung der

Flüssigkeit in den Intercellulargängen mehr stattfindet, welche dann ebenfalls saftleer sind.

§. 163.

Da die Saftgänge wie schon (§. 9) bemerkt worden, fast immer weitere Kanäle darstellen, als die Intercellulargänge, und oft einen so bedeutenden Durchmesser haben, daß sie schon für das unbewaffnete Auge erkennbar sind, so läßt sich aus diesem Grunde schon erwarten, daß in ihnen auch die Bewegung der Flüssigkeit deutlicher wahrzunehmen seyn werde. Wo diese Flüssigkeit gefärbt, d. h. als weißer, gelber oder rother Milchsaft erscheint, wie bei den Wolfsmilcharten, dem Schöllkraute und dem kanadischen Blutkraute, da sieht man diesen Saft auf einem Querschnitte der Pflanzen überall aus den Saftgängen ausfließen, und zwar sowohl auf der obern als auf der untern Schnittfläche, mag man nun jede derselben nach oben oder nach unten halten. Diese Erscheinung könnte aber nicht erfolgen, wenn der Saft nicht durch eine innere Thätigkeit des Zellgewebes, welche auch hier nur die Kontraktilität der Zellenwände seyn kann, mit Gewalt nach jeder Richtung hingetrieben würde, und diese Gewalt ist auch hier so stark, daß z. B. aus einer strauchigen Wolfsmilch der kanarischen Inseln, wenn in ihren Stamm ein Hieb mit einer Axt geführt wird, nach v. Buch's Berichte, der Milchsaft in einem weiten Strahle hervorgetrieben wird. Obgleich dieses Ausströmen des Milchsaftes aus den Saftgängen so leicht zu beobachten und ganz geeignet ist, auf die verschiedene Richtung seiner Bewegung in den Pflanzen schließen zu lassen, so ist dieselbe doch erst in neuerer Zeit (von C. H. Schultz) *) mit Bestimmtheit nachgewiesen worden. Wenn man einen dünnen Längenschnitt aus irgend einem Milchsaft führenden Theile, z. B. aus der Rinde, dem Blattstiel oder der Blattrippe des gemeinen und elastischen Feigenbaums, aus einer Luftwurzel des geöhrten Kaladiums u. s. w., unter einen Wassertropfen auf eine Glasscheibe bringt und bei gehöriger Ver-

*) Carl Heinrich Schultz, über den Kreislauf des Saftes in den Pflanzen. Berlin 1824. — Derselbe, die Natur der lebendigen Pflanze. Theil 1, S. 502—508.

größerung unter dem Mikroskope betrachtet, so sieht man die in dem Milchsafte schwimmenden Körnchen oder Bläschen (Fig. 58, bbb) in den zwischen den Zellen liegenden Saftgängen sich mehr oder weniger rasch bewegen, wobei jedoch aller Saft in dem nämlichen Gange eine gleiche Richtung verfolgt, und der Saftstrom die ganze Höhle des Ganges erfüllt. In den verschiedenen Saftgängen dagegen zeigt die Saftbewegung häufig eine entgegengesezte Richtung, so daß in manchen Gängen der Saft aufwärts, in andern abwärts fließt, und da diese Saftgänge, wie die Intercellulargänge, nach verschiedenen Seiten hin durch Quergänge untereinander in Verbindung stehen, so läßt sich auch in den leztern diese entgegengesezte Strömung des Milchsaftes wahrnehmen. In manchen dünnen und durchscheinenden blattartigen Theilen, welche einen gefärbten Milchsaft enthalten, wie in den noch saftigen Fruchtlappen des Schöllkrautes, kann man bei einer starken, durch den Spiegel des Mikroskopes hervorgebrachten Beleuchtung, schon eine Bewegung des Saftes erkennen, ohne diese Klappen zu zergliedern. Da diese Strömungen in den Saftgängen, obgleich nach entgegengesezten Richtungen gehend, nicht mit der kreisenden Bewegung (Cirkulation) des Saftes in den Zellen verglichen werden können, so hat sie Schultz durch den Namen Cyklose davon unterschieden.

Die Thätigkeit in den Saftgängen, welche durch die schnellere oder langsamere Bewegung ihres Saftes angezeigt wird, ist je nach den Umständen sehr verschieden. Im Allgemeinen ist die Bewegung im Frühling und bis zur Mitte des Sommers am lebhaftesten, im Herbste langsamer; im Winter ist sie in den im Freien wachsenden Pflanzen kaum, oder höchstens in den Wurzeln wahrzunehmen. Dabei ist sie wieder in jeder Jahreszeit um so lebhafter, je wärmer es ist, so daß auch hier der mächtige Einfluß der Wärme auf die Erregung und Erhöhung der Lebensthätigkeit sehr augenfällig wird.

Da der in den Saftgängen enthaltene Saft nicht in allen Pflanzen gefärbt ist, so hat man auch bisher seine Bewegung nur in den Gewächsen beobachten können, in welchen derselbe als Milchsaft auftritt; daß aber diese Bewegung auch in den Fällen, wo er farblos erscheint, stattfinde, läßt sich schon aus der ohne Zweifel dem Zellgewebe aller Pflanzen zukommenden

Kontraktilität der die Saftgänge begrenzenden Zellenwände schließen, und sie wird uns auch in manchen Fällen deutlich genug durch das reichliche Ausströmen eines zwar farblosen, aber zähen, schleimigen Saftes, z. B. bei vielen Liliaceen (wie bei Lauchharten, bei der Gartenhyacinthe u. a. m.), wenn deren Stengel oder Blätter durchschnitten worden, angezeigt. Ueberhaupt ist als höchst wahrscheinlich anzunehmen, daß die Saftgänge in keiner mit vollkommenem Zellgewebe versehenen Pflanze fehlen, und daß sie immer einen mehr verarbeiteten Saft als die Intercellulargänge enthalten. Selbst unter den Zellenpflanzen mit unvollkommenem Zellgewebe findet man nicht wenige, welche gefärbte Milchsäfte enthalten, die eben so rasch aus den verletzten Stellen ausfließen. Dahin gehören die sogenannten milchenden Hutpilze (Agarici Galorrhei *Fries*, z. B. Agaricus piperatus, A. pyrogalus, A. thejogalus, A. deliciosus, A. acris etc., ferner Boletus cyanescens, B. piperatus etc.).

Daß die Bewegung des Milchsaftes sowohl als der übrigen Säfte in der Pflanze von einer selbstständigen Thätigkeit der sie umschließenden Zellenmembranen herrühre, wird noch durch verschiedene in dieser Beziehung angestellte Versuche glaublich gemacht. So sahen Coulon und andere Beobachter, daß der Saft weit langsamer ausfloß, wenn man auf die Mündungen der Saftgänge adstringirende Substanzen brachte; van Marum machte die Beobachtung, daß das Ausfließen des Saftes ganz aufhörte, wenn er den Strom der Elektrisirmaschine durch den Stengel der Pflanze leitete; läßt man eine Pflanze ein scharfes oder narkotisches Gift durch die Wurzeln einsaugen, so kündigt sich ihr darauf erfolgendes Absterben besonders dadurch an, daß der Milchsaft in den Theilen, welche der Einwirkung des Giftes ausgesezt sind, zuerst aufhört zu fließen. In allen diesen Fällen rührt wohl die Verminderung oder das gänzliche Stillstehen der Bewegung des Milchsaftes von der durch die Wirkung der angewendeten Mittel verminderten oder völlig aufgehobenen Kontraktilität der Zellenwände her.

In den wahren Saftbehältern (§. 10), d. h. in den nicht mit einer eigenen Membran umkleideten Räumen des Zellgewebes, worin sich eigene Säfte ansammeln, scheint in der Regel keine Bewegung dieser Säfte mehr stattzufinden, während in

den Zellen oder Zellpartieen, welche solche ausgeschiedenen Säfte enthalten, und ebenfalls gewöhnlich als Saftbehälter bezeichnet werden, wenigstens unter gewissen Umständen eine Bewegung ihres Inhaltes sichtbar wird, wie in den oben erwähnten Blättchen des hängenden Molle und in den Zellendrüsen der Oberhaut, aus welchen man häufig den Saft ausfließen und die Oberfläche der Pflanze schmierig oder klebrig machen sieht, während sich in den Drüsen fortwährend neuer Saft ansammelt.

Endlich sind die Saftgänge nicht mit den gestreckten Saftzellen (§. 105, S. 49) zu verwechseln, welche immer bündelweise beisammenstehend in den Gefäßbündeln vorkommen, und sich nicht nur durch ihre deutliche, wenn auch dünne Membran, mit den die einzelnen Zellen trennenden Querwänden, und durch den Mangel der seitlichen Verzweigungen unterscheiden, sondern auch, nach Mohl's Beobachtung, durchaus keine strömende Bewegung ihres trüben Inhaltes zeigen, wie man diese in den Saftgängen wahrnimmt.

§. 164.

Die Luftgänge (§. 11) sind augenscheinlich bloße Luftbehälter, die zwischen dem saftführenden Zellgewebe in allen Theilen der Pflanzen, von der Wurzel bis in die Frucht, vorkommen können. Sie ziehen sich durch ein ganzes zusammengesetztes Organ oder selbst durch die ganze Pflanze als ununterbrochene, röhrenförmige Räume hin, sind häufig mit durchlöcherten Querwänden versehen, welche die Gemeinschaft ihres gasförmigen Inhaltes nicht stören, und stehen endlich mit den Lufthöhlen in den Nerven und im Parenchym der Blätter in Verbindung. Da diese Lufthöhlen durch die Spaltöffnungen mit der atmosphärischen Luft communiciren, so ist leicht einzusehen, wie in allen Pflanzen, deren Blätter mit der Luft in Berührung sind, auch alle Luftgänge, bis ins Innere der Pflanze, mit der leztern in Gemeinschaft stehen können. Ob jedoch diese Luftgänge unveränderte atmosphärische Luft enthalten, ob diese und wie weit in denselben verändert werde, ist bis jezt noch nicht erforscht. Da indessen auch in solchen Pflanzen, die völlig untergetaucht und von der Luft abgeschlossen wachsen, wie in dem Brachsenkraut (Isoëtes), im Wasserstern (Callitriche), im Hörnerblatt (Ceratophyllum) u. a. m., zahlreiche Luftgänge

vorkommen, so wird es sehr wahrscheinlich, daß nicht immer gerade die atmosphärische Luft ihren Inhalt bilde, sondern daß dieser auch aus andern Gasarten bestehe, welche vielleicht nach den Vegetationsperioden und selbst nach den Tageszeiten wechseln, wie dieses gleichermaßen in den Gefäßen (§. 25) der Fall zu seyn scheint.

Das Vorkommen der Luftgänge, vorzüglich in den Sumpf- und Wasserpflanzen, in welchen sie gewöhnlich alle Theile durchziehen, scheint jedoch anzudeuten, daß sie bei diesen Pflanzen, welche fortwährend eine größere Menge Flüssigkeit als die auf dem Trocknen wachsenden in sich aufnehmen, zur Herstellung oder wenigstens zur Erweiterung des Luftprocesses dienen, welcher überall die Umwandlung des Nahrungssaftes in die nähern Bestandtheile der Pflanze, d. h. die Assimilation, unterstützt, und das Nämliche läßt sich wohl auch bei allen übrigen mit Luftgängen versehenen Pflanzen annehmen. Vielleicht darf man auch aus dem Umstande, daß die Menge und Größe der Gefäße gewöhnlich mit der der Luftgänge im umgekehrten Verhältnisse steht, schließen, daß sich diese beiden Arten von Luftbehältern gewissermaßen gegenseitig ersetzen können.

Ueber die nähere Beziehung, in welcher die Funktion der Luftgänge mit den Verrichtungen der Zellen und Intercellulargänge steht, liegen noch keine sichern Beobachtungen vor. Wir können daher nur im Allgemeinen und muthmaßlich uns darüber aussprechen. Da die Luftgänge durch keine eigene Membran geschlossen sind, so sind wir genöthigt, anzunehmen, daß die querliegenden Intercellulargänge des zunächst angrenzenden Zellgewebes geradezu in diese lufthaltenden Räume ausmünden. Wenn nun die Intercellulargänge, wie es am wahrscheinlichsten ist, Saft enthalten, so ist leicht einzusehen, wie dieser hier mit der in den Luftgängen enthaltenen Luft in unmittelbare Berührung gebracht wird, so wie auch in den Blättern, die unter den Spaltöffnungen liegenden Lufthöhlen des Parenchyms mit den Intercellulargängen in nächster Gemeinschaft stehen, und eigentlich selbst nur erweiterte Intercellulargänge sind, die dem Anscheine nach ursprünglich Saft führen und erst später in die vergrößerten Lufthöhlen übergehen (vergl. §. 109, S. 75 und 79). Dadurch ist aber die Einwirkung der Luft, deren Wichtigkeit sich bei Betrach-

tung des Assimilationsprocesses noch einleuchtender darstellen wird, bis ins Innere des Blattes und (in vielen Fällen) der ganzen Pflanze möglich gemacht.

Was nun endlich noch die Lücken (I. S. 30) betrifft, welche immer zunächst mit abgestorbenem und vertrocknetem Zellgewebe ausgekleidet, auch häufig, wie in den Halmen der Gräser und in den Stengeln der Doldenpflanzen und Schafthalme, an dem Grunde der Interfoliartheile durch dichte Querwände von einander abgeschlossen sind, und hier weder unter sich noch mit der äußern Luft in einem nachweisbbaren Zusammenhange stehen, so muß uns deren physiologische Verrichtung und die nähere Beziehung, in welcher diese etwa mit dem Lebensprocesse überhaupt steht, noch um so mehr in Zweifel bleiben, als auch über die Natur der in ihnen enthaltenen Luft mehrseitige und nähere Beobachtungen durchaus mangeln. Nur in den übrigens noch in voller Lebensthätigkeit stehenden Pflanzentheilen mögen sie eine, vielleicht den übrigen Luftgängen ähnliche Bestimmung haben; aber in ältern, dem Absterben nahen Theilen, wo ihr Erscheinen das erste Anzeichen des bald erfolgenden Todes des ganzen äußern Organes selbst ist, kann ihnen wohl keine besondere Lebensverrichtung mehr zuerkannt werden.

§. 165.

Am wenigsten Gewißheit besitzen wir über die Verrichtung und die wahre Bestimmung der Gefäße, wie schon aus den verschiedenen Angaben der Schriftsteller über ihren Inhalt (§. 25) hervorgeht. Aus der Beschreibung des anatomischen Baues des Keims (§. 112, S. 108) ist uns bekannt, daß in diesem niemals wirkliche Gefäße zu erkennen sind. Es müssen also die Gefäße erst während des Keimungsaktes entstehen; wie die netzförmigen Gefäße aus Schläuchen, mit Anfangs völlig gleichförmiger Membran, sich bilden, indem auf deren innern Wand ein Fasernetz sich absezt, haben wir (§. 22, S. 49) erfahren, und es ist wohl wahrscheinlich, daß die übrigen Gefäßformen auf eine ähnliche Weise in den jüngsten Pflanzentheilen sich entwickeln; wenigstens sieht man auch in der jungen Frucht der Lebermoose die sogenannten Sporenschleudern anfangs als gestreckte, röhrige Zellen, welche nur einzelne Partieen von sehr kleinen Stärkmehl-

körnern enthalten*) und in deren Innerem gegen die Zeit der Reife erst die Spiralfaser auftritt, indem zugleich die Stärkmehlkörner verschwinden. Aus diesen Thatsachen, besonders aber aus der lezten Beobachtung, läßt sich nun der wohl richtige Schluß ziehen, daß die Schläuche, in welchen die Fasern sich bilden, anfänglich Flüssigkeit enthalten, woraus die Fasersubstanz erzeugt und auf der Innenwand des Schlauches abgelagert werde, ähnlich wie die schichtenweise Anlagerung der Membran in den dickwändigen punktirten Zellen geschieht, nur daß hier die angelagerte Substanz nicht in breiten Lamellen, sondern in einfachen, ringförmigen und gewundenen, oder in netzförmig verbundenen, schmalen Streifen erscheint und daher in Form von Fasern auftritt. Da man jedoch, nachdem die Gefäßfaser einmal völlig ausgebildet ist, keine Verdickung der Gefäßwand mehr wahrnimmt, so scheint die ursprünglich in dem Schlauche enthaltene Flüssigkeit nur bis zur völligen Ausbildung des Gefäßes vorhanden zu seyn, dann aber zu verschwinden, und in dem ausgewachsenen Gefäße durch Luft ersezt zu werden. Dieses ist ganz augenscheinlich in den großen, netzförmigen (den Treppen- und den punktirten) Gefäßen der Fall, in welchen man wegen ihres bedeutenden Durchmessers am ersten den flüssigen Inhalt entdecken müßte, wenn ein solcher vorhanden wäre. Wenn wir uns ferner den Bau dieser Gefäßform ins Gedächtniß rufen, so werden uns die in vielen Fällen in denselben vorhandenen, durchlöcherten Scheidewände (§. 20, S. 46) fast unwillkürlich an die dünnen, häutigen, ebenfalls durchlöcherten Querwände der Luftgänge (§. 6, S. 25) erinnern, und so eine Analogie zwischen der Bildung dieser Gänge und der netzförmigen Gefäße erkennen lassen, die uns auch auf eine analoge Funktion beider schließen läßt. Ueberall, wo Säfte aus einer Höhlung in die andere übergehen, sind dagegen auf den Zwischenwänden keine sichtbaren Poren zu unterscheiden.

Für die Annahme eines gasförmigen Inhaltes der Gefäße sprechen ferner nicht nur die (§. 25) angegebenen Versuche, sondern es kommen auch noch manche andere Umstände dazu, welche

---

*) H. Mohl, einige Bemerkungen über die Entwicklung und den Bau der Sporen der kryptogam. Gewächse, 1. Abth., S. 6. (Allgem. bot. Zeit. 1833. Bd. 1, S. 337) Tab. 1, Fig. 42.

uns bestimmen, diese Annahme für die richtigere zu erklären. So enthalten die Pflanzentheile, welche am wenigsten safthaltig sind, oft im Verhältniß zu andern saftreichern die meisten Gefäße, wie z. B. die dünnen, mehr trocknen Blätter unserer Laubhölzer und der Gräser von eben so zahlreichen oder selbst noch zahlreichern Gefäßen durchzogen werden, als die saftigen Blätter der Agave-, Aloë- und Crassula-Arten; in den mehr trocknen, zum Theil schon in Verholzung übergehenden Stengeln der Bohne, des Safflors, im Halme der Gräser sind die Gefäße gleichfalls im Verhältnisse zur Zellenmasse in größerer Menge vorhanden, als in den fleischigen Stämmen der Cactus-, Stapelia- und Crassula-Arten; im Holze der dikotyledonischen Bäume bilden die Gefäße die Hauptmasse, während in dem saftreichen Baste und in der Rinde gar keine Gefäße enthalten sind. Werden in den Holzstamm eines Baumes mehrere horizontale Einschnitte so übereinander gemacht, daß der erste auf einer Seite bis auf das Mark geht, und der andere auf der entgegengesezten Seite, aber etwas höher ebenfalls bis auf das Mark geführt wird, so daß alle Gefäße des Stammes durchschnitten werden und die Gemeinschaft zwischen ihren unterhalb und oberhalb der Schnitte befindlichen Theilen aufgehoben ist, so kann der Baum dennoch fortwachsen, indem der Saft durch den ganz gebliebenen Theil zwischen den beiden Einschnitten wie zuvor durch den Stamm fließt. Wären also die parallel mit der Achse aufsteigenden Gefäße saftführend, so müßte plözlich ein Stillstand des Saftes eintreten, während er nun in den Intercellulargängen und Zellen durch den Raum zwischen den Einschnitten in den unversehrten obern und untern Theil des Stammes übergehen und so, trotz diesen Einschnitten, durch den ganzen Baum fließen kann.

Die Gefäße in den Wurzeln sind, wie uns bekannt ist, meist netzförmige Gefäße. Nun müßte man aber gerade in diesen, wegen ihrer Größe und gewöhnlich sehr durchscheinenden Wände, am ersten einen Saftinhalt entdecken, wenn ein solcher vorhanden wäre. Man sieht ferner die Gefäße nie bis ganz in die einsaugenden Wurzelspitzen ausgehen, so daß die aus der Erde aufgesogene Flüssigkeit wenigstens nicht unmittelbar in die Gefäße übergehen könnte; es würde aber endlich gegen das Aufsteigen der Flüssigkeit in den Gefäßen noch der Umstand sprechen,

daß die Gefäßbündel in den Interfoliartheilen des Stammes immer nur eine bestimmte Stelle einnehmen, niemals allseitig verzweigt sind, und also den Nahrungssaft auch gar nicht allseitig durch den Pflanzenkörper verführen könnten, wie es mit diesem Safte doch wirklich geschieht *).

Wenn nun aber auch der Luftgehalt der ausgebildeten Gefäße somit am wahrscheinlichsten gemacht ist, so kennen wir doch noch keineswegs die Art der Wechselwirkung, in welcher die Gefäße zu den Zellen und saftführenden Räumen des Zellgewebes stehen, und wir sind auch in dieser Beziehung auf bloße Vermuthungen beschränkt. Wenn es sich durch spätere Untersuchungen bestätigen sollte, daß die Gefäße bei Tag eine sauerstoffreichere Luft, bei Nacht aber vorzüglich Kohlensäure enthalten, wie man aus den Angaben v. Humboldt's und Theodor Bischoff's einerseits, und Focke's andrerseits (§. 25) beinahe schließen möchte, so würde dieses auf einen innigen Zusammen-

---

*) Man hat es als einen ganz besondern Beweis für das Saftführen der Gefäße ansehen wollen, daß diese, wenn man einen abgeschnittenen Zweig in eine gefärbte Flüssigkeit stellt, sich mit derselben anfüllen, und daß die Flüssigkeit bis in die kleinsten Spiralgefäße der Blätter und Blumen aufsteigt. Aber man ließ dabei außer Acht, daß ein abgeschnittener Zweig sich anders verhalten muß, wie die ganze lebende Pflanze, und daß dieses Aufsteigen, obgleich eine unläugbare Thatsache, noch keineswegs die saftführende Funktion der Gefäße beweist. Wenn nämlich die in den Gefäßen enthaltene Luft in dem Zweige, welcher in gefärbter Flüssigkeit stehend, sehr bald an Lebensthätigkeit verlieren muß, allmählig durch die, in den benachbarten Zellen enthaltene Flüssigkeit resorbirt, oder vielleicht auch durch die Blätter ausgehaucht wird, ohne in gleichem Maße wieder ersezt zu werden, so wird in den Gefäßhöhlen ein leerer Raum entstehen, in welchen die gefärbte Flüssigkeit schon durch den Druck, den die atmosphärische Luft auf dieselbe außerhalb des Zweiges ausübt, eindringen und dann in den engen Räumen, ähnlich wie in den Haarröhrchen, durch die bloße Anziehung ihrer Wände, weiter aufsteigen kann. Außerdem haben angestellte Versuche dargethan, daß die Gefäße einer Pflanze sich nicht anfüllen, wenn diese mit ihren unversehrten Wurzeln in eine gefärbte Flüssigkeit gesezt wird, und wenn auch Andere (wie Bonnet und Schultz) behaupten, dieses gesehen zu haben, so bleiben über ihre Angabe, daß die Wurzeln wirklich unversehrt geblieben seyen, noch so manche Zweifel, daß wir sie, bis zu einer genauern Wiederholung derselben, nicht wohl als unläugbare Beweise dürfen gelten lassen.

hang der Verrichtung der Gefäße mit der Respiration und Verdauung der Gewächse hindeuten, in deren Folge auch aus der Oberfläche der Gefäßpflanzen im Tageslichte Sauerstoffgas, während der Nacht und im Finstern aber Kohlensäure ausgeschieden wird, und die Verrichtung der Gefäße würde dann, ähnlich wie die der Luftgänge, darin bestehen, den atmosphärischen Proceß, von welchem erst bei der Funktion der Oberhaut und bei der Assimilation ausführlicher die Rede seyn kann, bis in das Innere der Pflanze zu unterhalten, wobei jedoch diese Verschiedenheit zwischen den Verrichtungen der Gefäße und Luftgänge stattfände, daß die erstern, fast durchweg mit gestreckten Zellen umgeben, zunächst mit diesen, die leztern aber mehr mit den tessularischen Zellen des Parenchyms in Wechselwirkung stehen müssen. Diesen Gegenstand weiter zu verfolgen, gestatten unsere jetzigen Erfahrungen nicht; die Verrichtungen der Gefäße gehören noch zu den am wenigsten erforschten Lebenserscheinungen in den Pflanzen, und es möge daher genügen, hier einige Andeutungen über deren Bestimmung nur ganz im Allgemeinen gegeben zu haben, Andeutungen, die keineswegs auf Untrüglichkeit Anspruch machen können *).

---

*) Außer der bereits angeführten, von vielen Phytonomen getheilten Ansicht, daß die Gefäße Saft führen, ist noch die von Oken und Dutrochet aufgestellte Theorie zu erwähnen, wornach die Gefäße für die Nerven der Pflanzen ausgegeben werden. Nach Oken, der seine Meinung blos auf allgemeine naturphilosophische Ansichten der Vegetation gründet, wäre die Spiralfaser, als der wesentliche Theil des Gefäßes, deßwegen den thierischen Nerven analog, weil sie die Ursache der Thätigkeit der übrigen Theile und gleichsam die Seele des Pflanzenkörpers sey. Aber gerade diese lezte Behauptung, worauf er seine Theorie stüzt, möchte er schwerlich im Stande seyn, aus der Naturbeobachtung zu erweisen, besonders da diese Ursache der Thätigkeit in allen Zellenpflanzen wegfallen müßte. — Dutrochet gründet dagegen seine Ansicht auf die angebliche Beobachtung, daß bei den netzförmigen Gefäßen die Streifen und Punkte gegen Salpeterfäure und Alkalien sich eben so, wie das Rückenmark und Gehirn der meisten Thiere verhalten (indem sie durch die Säure gerinnen, durch Alkalien aber wieder gelöst werden sollen), und nimmt nun die grüne Materie, welche nach ihm in den Streifen und Tüpfeln (die er für kleine Zellen hält) enthalten seyn soll, für Nervensubstanz, worauf er dann seine Behauptung stüzt, daß die Gefäße im Allgemeinen das Nervensystem oder vielmehr die zerstreuten Elemente dieses Systems

§. 166.

Hier müssen wir auch noch einmal an die gestreckten punktirten Holzzellen in den Zapfenbäumen erinnern, welche, wie (S. 61) erwähnt, die ganzen Holzbündel in den Jahrringen bilden, mit Ausnahme des innersten Ringes, der zunächst der Markröhre Spiral- und Treppen-Gefäße enthält, so daß also im ganzen Holzkörper dieser Bäume keine solche Gefäße vorkommen, wie man sie in den Laubhölzern zwischen den ebenfalls punktirten Zellen sieht, wo sie an ihrem meist viel bedeutenderen Durchmesser schon auf dem Querschnitte von den Zellen leicht zu unterscheiden sind. Da die Punkte dieser Holzzellen, wie wir wissen, nur durch Vertiefungen in der Zellenwand hervorgebracht werden, so ist wohl anzunehmen, daß diese Vertiefungen, wie bei allen übrigen Holzzellen, durch allmählige Verdickung der Zellenwände entstehen, daß also Flüssigkeit in den Zellen enthalten seyn muß, aus welcher sich der Zellstoff abscheiden und schichtenweise auf der innern Wand anlagern kann. Wenn nun aber alle Zellen der Zapfenbäume stets mit Flüssigkeit erfüllt wären, so müßte ihr Holz, bei dem gänzlichen Mangel an Luftgängen und größern Gefäßen, und da die Zellenmembran ein größeres specifisches Gewicht als das Wasser besizt, bedeutend schwerer als das Wasser seyn und demnach in diesem zu Boden sinken. Nun ist aber bekannt, daß das Holz der meisten Zapfenbäume leichter ist, als selbst das mehrerer Laubhölzer, deren Holz sich wohl gerade nur wegen seiner zahlreichen lufthaltenden Netzgefäße auf dem Wasser schwimmend erhalten kann. Wie läßt sich diese geringere specifische Schwere der Nadelhölzer erklären, wenn man alle Zellen derselben mit Saft erfüllt annehmen wollte? Schon dieser Umstand leitet zu der Vermuthung, daß diese Hölzer doch auch Luft enthalten müssen. Wenn man ferner einen Querschnitt aus dem Fichtenholze unter dem Mikroskope betrachtet, so fällt es leicht auf, daß die Wände der Zellen in der größern Breite der

---

in der Pflanze seyen. Wie wenig jedoch die Annahme jener Nervensubstanz mit einer unbefangenen Beobachtung der Natur übereinstimme, wird Jedem, der die Gefäße der Pflanze selbst genauer zu untersuchen Gelegenheit hatte, ohne Zweifel einleuchten.

Jahrringe, im Verhältnisse zu den Holzzellen der Laubhölzer, viel dünnere Wände haben, während nur die nach Außen liegenden engern Zellen eines jeden Jahrringes besonders dickwändig sind. Es ist daher vielleicht nicht so unrichtig, wenn wir daraus folgern, daß bei Zapfenbäumen in den näher gegen die Achse stehenden Zellen eines Jahrringes die Anlagerung von neuen Schichten auf den Wänden bald nachläßt, indem der anfangs vorhandene Saft verschwindet und durch Luft ersezt wird, während die gegen den Umfang des Ringes stehenden Zellen ihren Saft länger behalten und daher ihre Wände sich mehr verdicken können. Dadurch tritt dann in den Jahrringen der Nadelhölzer ein ähnliches Verhältniß wie in den Laubhölzern ein, wo ebenfalls die größern, luftführenden Netzgefäße in jedem Jahrringe nach Innen stehen. Auf diese Weise müßten wir also den mehr dünnwändigen Holzzellen der Zapfenbäume eine gleiche physiologische Verrichtung zuschreiben, wie den netzförmigen Gefäßen, wozu uns nicht nur die eben angestellten Betrachtungen, sondern auch die mancherlei Mittelformen zwischen diesen Zellen und den eigentlichen Gefäßen, welche in dem innersten Holzringe der Zapfenbäume und Cykadeen vorkommen *), wohl berechtigen mögen. Nehmen wir noch dazu die (§. 106, S. 61) angeführten größern punktirten Röhren der Meerträubel (Ephedra), welche ebenfalls den innern Theil des Jahrringes einnehmen und sich durch diese Stellung, so wie durch ihre schiefen, durchlöcherten Scheidewände wie Gefäße, durch die Beschaffenheit ihrer punktirten Wände aber wie die übrigen Holzzellen der Zapfenbäume verhalten; beachten wir ferner die Holzzellen des Eibenbaums (Taxus), in welchen wirkliche Spiralfasern, von der dicken, punktirten Haut eingeschlossen, vorkommen, und vergleichen wir endlich noch die in den Holzbündeln des Mistels (Viscum album) die fehlenden Gefäße ersetzenden, dickwändigen, punktirten Zellen, so werden wir in den in ihrer Form den Holzzellen gleichenden Röhren der Zapfenbäume eine Art von Elementarorganen erken-

---

*) Man vergleiche: H. Mohl, über den Bau des Cykadeen-Stammes und sein Verhältniß zu dem Stamme der Coniferen und Baumfarn (Denkschr. der k. b. Akad. d. Wissensch. B. X. München 1832) Tab. 19, Fig. 9 u. 11, Tab. 20, Fig. 12 u. 14.

nen, welche, wie in ihrer Bildung, so auch in ihren Verrichtungen, zwischen dem Zellen- und Gefäßsystem in der Mitte stehen, daher auch die Funktionen beider ausüben und theils saft-, theils luftführend seyn können. Dadurch wäre nun zugleich nachgewiesen, wie in den Zapfenbäumen, so gut wie in den übrigen Gefäßpflanzen, der die Assimilation begleitende atmosphärische Prozeß sich bis ins Innere durch die ganze Pflanze erstrecken könne.

Was die sogenannten Faserzellen in den Antheren (§. 14) betrifft, so ist es durch die (§. 110, S. 89) gegebene Erklärung von der Entstehung der faserähnlichen Verdickungen ihrer Wände nachgewiesen, daß sie sich mehr den gewöhnlichen punktirten Zellen anschließen. Auch sie enthalten anfänglich Saft und scheinen mit den Mutterzellen der Pollenkörner in physiologischer Beziehung zu stehen; später aber verschwindet die Flüssigkeit in ihnen, sie füllen sich mit Luft und bewirken dann auf eine mehr mechanische Weise, durch die geringere Hygroskopicität ihrer verdickten Wände, beim Zusammenziehen der zärtern Oberhautzellen, das Oeffnen und Zurückrollen der Antherenklappen, wie dieses schon (§. 159, S. 220) angegeben worden. Eben so verhält es sich wohl auch mit den Verrichtungen der Faserzellen in den häutigen Fruchthüllen der Schafthalme, welche anfangs den Mutterzellen bei der Sporenbildung die nöthige Flüssigkeit zuleiten, später aber saftlos und mit Luft erfüllt sind. Daß die Sporenschleudern der Lebermoose, welche, wie vorhin erwähnt, in der unreifen Frucht Flüssigkeit und körnigen Stoff einschließen, zur Ernährung der Sporen durch Zuleitung von Flüssigkeit beitragen, ist sehr zu bezweifeln, da dieselben in den Früchten vieler Arten ganz fehlen, auch da, wo sie vorhanden sind, in Form von gestreckten, spindelförmigen Zellen, schon von Anfang nur lose zwischen den Mutterzellen der Sporen liegen und daher keineswegs Nabelstränge für die Sporen darstellen, wie Manche irrig annehmen. Die Bestimmung dieser bei der Fruchtreife saftleeren, sehr elastischen und hygroskopischen Faserzellen scheint sich wirklich nur auf das Fortschleudern der Sporen aus der geöffneten Frucht zu beschränken. Welchen Einfluß die Fasern in den Zellen der Blätter und der äußern Parenchymschichte des Stengels bei den Torfmoosen (Sphagnum) auf die Verrichtungen derselben haben, ist noch unerforscht. So viel läßt sich erkennen, daß durch die

fest aufgewachsenen Ring- und Spiralfasern die Zellenwände auch im trocknen Zustande so auseinander gehalten werden, als wenn sie durch Luft aufgetrieben wären; da aber diese Moose an ihren feuchten Standorten stets ganz von Flüssigkeit durchdrungen sind, die durch die verhältnißmäßig großen Löcher ihrer Faserzellen leicht aufgenommen werden kann, so läßt sich wenigstens die Nothwendigkeit dieser Einrichtung für jezt gar nicht einsehen.

§. 167.

Zu den Zellen, welche nur in ihrer Jugend Saft führen und später meistens Luft zu enthalten scheinen, gehören endlich die der Oberhaut, deren Verrichtungen wir, so weit es unsere Kenntniß derselben erlaubt, hier noch im Allgemeinen anzudeuten versuchen wollen. Da die Oberhaut an der Außenfläche der Pflanze liegt, so läßt sich schon hieraus schließen, daß ihre Verrichtungen in nächster Beziehung zu der atmosphärischen Luft stehen müssen. Wir haben jedoch (§. 99) in der Oberhaut der höher organisirten Pflanzen zweierlei wohl unterschiedene Zellen, nämlich die eigentlichen Oberhautzellen und die Porenzellen, kennen gelernt, wovon die leztern ursprünglich noch dem unterliegenden Parenchym angehören und auch durch die in ihnen enthaltenen Chlorophyllkörner deutlich zeigen, daß sie stets mit Saft erfüllt bleiben, während die Oberhautzellen keine oder höchst wenige körnige Ablagerungen einschließen und nur in den wenigsten Fällen, auch im spätern Alter noch mit gefärbten oder farblosen Flüssigkeiten erfüllt sind, wobei selbst wieder gewöhnlich nicht alle Zellen Saft führen, sondern wenigstens ein Theil derselben saftleer erscheint.

Wir wissen, daß die von der Wurzel aufgesogene Flüssigkeit das ganze Pflanzengewebe durchdringt, und da diese Aufsaugung stets fortwährt, so muß auch von der in der Pflanze befindlichen Flüssigkeit eben so fortwährend ein Theil wieder ausgeschieden werden, um der neu aufgesogenen Platz zu machen; es muß also eine Ausdünstung stattfinden, welche mit der Einsaugung in genauem Verhältnisse steht; da aber die Ausdünstung nur durch die Oberfläche der Pflanze stattfinden kann, so kann diese Verrichtung auch nur den Elementarorganen der Oberhaut zukommen. Es ist ferner bekannt, daß die Pflanzen im Tageslichte, vorzüglich im klaren Sonnenscheine, Sauerstoff, bei Nacht

aber und überhaupt im Finstern Kohlensäure aushauchen, und auch diese Aushauchung von Gasarten kann nur durch die Elementarorgane der Oberhaut geschehen.

Es wurde schon (§. 99, S. 15) auf die nahe Beziehung aufmerksam gemacht, in welcher die grüne Farbe der Pflanzentheile, wenigstens bei Gefäßpflanzen mit der Gegenwart und selbst der bestimmten Stellung der Spaltöffnungen stehe. Pflanzen oder Pflanzentheile, die ihrer Natur nach grün sind, erhalten ihre grüne Farbe nur im Sonnenlichte und verbleichen im Finstern; die grüne Farbe erscheint um so gesättigter, je stärker das Licht einwirken kann. Da nun aber erwiesen ist, daß die Aushauchung von Sauerstoff mit der Einwirkung des Lichtes in genauesten Zusammenhange steht, so wird es klar, daß die grüne Farbe von dieser Aushauchung abhängig sey; da ferner die mit Spaltöffnungen bedeckten Stellen vorzugsweise die grüne Färbung zeigen, während (z. B. bei den Schaftha lmen, auf den Nerven der meisten Blätter, auf den Halmen der Gräser und Cyperaceen) die Stellen, über welchen wenige oder keine Poren vorhanden sind, eine bleichere Färbung zeigen, so folgt wohl eben so natürlich, daß diese Ausscheidung des Sauerstoffes hauptsächlich durch die Spaltöffnungen vermittelt werde. Es könnte hier freilich der Einwurf gemacht werden, daß bei den meisten Blättern, namentlich der dikotyledonischen Pflanzen und der Farne, wo, wie bekannt, am häufigsten nur die untere Blattfläche mit Spaltöffnungen versehen ist, gerade diese fast immer eine bläßere Färbung zeigt als die obere Blattfläche. Wir dürfen uns aber nur an die gerade in diesen Blättern durchweg vorkommenden Lufthöhlen (§. 109, S. 75 u. 79) erinnern, welche immer nur gegen die untere Blattfläche liegen und im genauen Zusammenhange mit den Spaltöffnungen stehen, um uns noch fester zu überzeugen, daß die leztern gleichsam nur die Mündungen dieser Höhlen und ohne Zweifel zur Entleerung des gasartigen Inhaltes derselben in die Atmosphäre bestimmt sind, während zwischen den gestreckten, fest aneinander liegenden Zellen der gegen die obere Blattfläche gerichteten Parenchymschichte keine solche Lufthöhlen vorhanden sind. Die bleichere Färbung der untern Blattfläche rührt nun offenbar großentheils schon von der Menge dieser Lufthöhlen selbst her, da hier die meist farblose Oberhaut nicht durchaus dem grünen Parenchym unmittelbar auf-

liegt und daher dieses weniger durchscheinen läßt, was auf der obern Blattfläche, wo die Oberhaut in der Regel sehr fest den grünen Zellen anliegt, viel mehr der Fall ist. Aber außerdem zeigt auf dem Querschnitt eines solchen Blattes doch gewöhnlich die oberste Parenchymschichte selbst eine dunklere Farbe. Diese wird zwar ohne Zweifel dadurch hervorgebracht, daß das Licht, indem es unmittelbar auf die ihm zugekehrte obere Blattfläche auffällt, auch hauptsächlich auf diese einwirken, also in der obersten Parenchymschichte um so mächtiger die Ausscheidung des Sauerstoffes und somit die gesättigte grüne Farbe hervorrufen muß; es ist aber deßwegen noch keineswegs anzunehmen, daß der ausgeschiedene Sauerstoff auch durch die porenlose Oberhaut der oberen Fläche dieser Blätter entweiche, sondern er wird, bei dem Mangel der Luftlöhlen an dieser Fläche, vielmehr in die unmittelbar unter der dichtern Parenchymschichte liegenden Höhlen übergehen, und durch die Spaltöffnungen der untern Blattfläche in die Atmosphäre entweichen; wo aber beide Blattflächen mit Spaltöffnungen versehen sind, wie bei dem großen Huflattig (Tussilago Petasites) und den Rapunzel-Arten (Phyteuma), ferner bei den meisten Monokotyledoneen, da hat auch jede Spaltöffnung der obern Blattfläche ihre entsprechende Luftlöhle unter sich, so daß also auch hier die Spaltöffnungen als die eigentlich aushauchenden Organe sich darstellen.

Die Ausscheidung der überflüssigen Feuchtigkeit oder die Ausdünstung scheint dagegen nicht auf die Spaltöffnungen allein beschränkt zu seyn, sondern durch die ganze Oberhaut zu geschehen. Die Stärke der Ausdünstung richtet sich hauptsächlich nach dem Wärmegrade der Luft, wird aber doch an den Stellen, welche dem Sonnenschein unmittelbar blosgestellt sind, bedeutender seyn als an den im Schatten befindlichen; es wird also bei Blättern die unmittelbar von der Sonne beschienene, obere Blattfläche stärker ausdünsten als die untere, und hier wird die in unsichtbaren Dunst verwandelte Feuchtigkeit unmittelbar durch die Oberhaut entweichen, gleichviel, ob dieselbe mit Spaltöffnungen versehen ist oder nicht; wo die leztern fehlen, müssen also die eigentlichen Oberhautzellen allein diese Funktion ausüben. Sie werden dieses aber auch an allen Stellen der Oberfläche thun, wo überhaupt eine Ausdünstung stattfindet. Daß übrigens in

den Lufthöhlen unter der Oberhaut sich gleichfalls die gasförmigen Dünste sammeln und mit der Luft durch die Spaltöffnungen entweichen können, ist wohl nicht zu bezweifeln. Die Ausdünstung selbst läßt sich leicht beobachten, wenn man einen beblätterten, lebenden Stengel oder Ast in eine Glasglocke einschließt, wo sich die Dünste auf den Wänden des Glases zu Wassertropfen verdichten. Wie groß die Menge des durch die Oberhaut ausgedünsteten Wassers sey, haben schon die von Woodward, Hales und Sennebier angestellten Versuche erwiesen. Der erstere fand, daß verschiedene Pflanzen im Verlaufe von 11 Wochen ungefähr hundertmal so viel Wasser ausgedünstet hatten, als sie zu Anfang des Versuches wogen. Nach neueren, von Burnett angestellten Versuchen hatte ein Blatt der großen Sonnenblume (Helianthus annuus), welches selbst nur $31\frac{1}{2}$ Gran wog, in Zeit von 4 Stunden über 20 Gran Flüssigkeit ausgedünstet.

Daß aber durch die Oberhaut nicht blos eine Aushauchung und Ausdünstung stattfinde, sondern daß von derselben auch wässerige Flüssigkeit und gasartige Stoffe eingeschluckt werden, zeigen viele in dieser Beziehung angestellten Beobachtungen, so wie manche in sehr trocknem Boden wachsenden Pflanzen. Schon Bonnet hat durch viele Versuche dargethan, daß Blätter, welche auf Wasser gelegt werden, sich sehr lange frisch erhalten, und zog daraus den Schluß, daß sie durch ihre Oberfläche Feuchtigkeit einsaugen; da er aber die Blätter mit ihren Blattstielen nahm, ohne die Schnittfläche der leztern vor dem Eindringen des Wassers zu verwahren, so hat Burnett seine Versuche wiederholt, wobei er aber die Schnittfläche des Blattstiels mit einem Kitte bedeckte, um das Eindringen des Wassers zu verhindern, und er fand, daß die Blätter tage- und wochenlang, ja manche, welche völlig untergetaucht waren, sogar monatelang frisch und grün blieben, während die dünnern, weniger saftreichen Blätter, wie bekannt, an einen trocknen Ort hingelegt, in wenigen Stunden welken und absterben. Um sich zu versichern, daß dieses Frischbleiben nicht von einer durch das umgebende Mittel verhinderten Aushauchung, sondern von einer wirklichen Einsaugung der Flüssigkeit herrühre, nahm er mehrere Blätter von dem schwimmenden Laichkraute (Potamogeton natans), welche

nach sorgfältigem Abwischen des anhängenden Wassers, gewogen wurden, und, nachdem sie 2 Stunden lang außer Wasser geblieben, von $3\frac{1}{2}$ Gran bis $5\frac{1}{4}$ Gran an Gewicht verloren hatten. Sie wurden hierauf in Wasser gelegt, und nach Verlauf von abermals 2 Stunden wieder abgetrocknet und gewogen, wo es sich zeigte, daß die einzelnen Blätter von 3 bis 5 Gran an Gewicht zugenommen hatten, welche Zunahme also blos der Einsaugung durch die Oberhaut zugeschrieben werden konnte, da auch bei diesem Versuche die Blattstiele mit dem Kitte verklebt waren. Bei den saftreichen Pflanzen, welche nur sehr schwache Wurzeln haben, ursprünglich im dürresten Boden wachsen, und selbst aus der Erde genommen lange leben, wie die Cactus-, Stapelien-, Crassula-, Sedum- und Hauswurz-Arten, die also ihre vorzüglichste Nahrung aus der Atmosphäre aufnehmen, muß nicht blos die Einsaugung der Luftfeuchtigkeit, sondern auch der gasartigen Stoffe durch die Oberhaut des Stengels und der Blätter geschehen.

Wenn wir die wagrechte Ausbreitung der Blätter, wie sie bei den meisten Pflanzen vorkommt, beachten, so werden wir zwar erkennen, daß die untere Blattfläche durch ihre Richtung gegen die Erde besonders geschickt seyn müsse, die von dieser beständig aufsteigenden Dünste aufzunehmen, und wir könnten deßwegen leicht verleitet werden, da die untere Blattfläche der meisten Gefäßpflanzen mit zahlreichen Spaltöffnungen bedeckt ist, diese leztern auch für die eigentlichen einsaugenden Organe der Oberhaut zu erklären. Wenn wir aber auf der andern Seite wieder sehen, daß der des Morgens aus der Atmosphäre niedergeschlagene Thau sich immer nur auf der obern Blattfläche absezt, daß ferner der herabfallende Regen ebenfalls vorzüglich diese Fläche der Blätter trifft, die bei so vielen Pflanzen gar keine Spaltöffnungen besizt, und doch, wie der Augenschein deutlich lehrt, die auf ihr sich niederschlagende Feuchtigkeit absorbirt, so müssen wir doch auch den eigentlichen Oberhautzellen das Vermögen der Einsaugung zuerkennen. Dieses zeigen uns ferner die schwimmenden Blätter der Wasserpflanzen, welche auf ihrer untern, dem Wasser aufliegenden, also unmittelbar dasselbe aufsaugenden Fläche keine oder nur wenige Spaltöffnungen haben, so wie wir endlich auch sehen, daß im Zimmer gezogene Pflanzen viel freu-

diger vegetiren, wenn sie von oben mit Wasser besprengt werden, als wenn man nur ihre Wurzeln begießt. Da nun aber, wenn wir anders den Prozeß der Aushauchung durch die Oberhaut richtig erkannt haben, in den Lufthöhlen unter den Spaltöffnungen stets eine Anhäufung von gasförmigen Stoffen stattfinden muß, welche durch die Spaltöffnungen unaufhörlich entweichen, so wird es sogar höchst unwahrscheinlich, daß durch diese Oeffnungen zu gleicher Zeit tropfbare oder dunstförmige Flüssigkeiten aufgenommen werden, da ihnen vielmehr die stets nach Außen strebende Luft der Lufthöhlen den Eintritt durch die Spalten verwehren muß. Höchstens werden die die Spalte umschließenden Porenzellen die Feuchtigkeit aus der Atmosphäre in sich aufnehmen können, was um so glaublicher ist, als ihre ganze Beschaffenheit auf einen flüssigen Inhalt schließen läßt, der hier wohl eben so wiederhohlt durch neue Flüssigkeit ersezt werden muß, wie in den übrigen saftführenden Zellen; da diese Porenzellen aber gewöhnlich durch eine Luftschichte von den Zellen des Parenchyms getrennt sind, so werden sie schwerlich ihre von Außen eingesogene Flüssigkeit an diese abgeben können, sondern dieselbe vielmehr zu ihrem eigenen Bedarfe verwenden, und gerade von der durch einen bald größern, bald geringern Gehalt an Flüssigkeit bedingten verschiedenen Turgescenz dieser Porenzellen hängt das abwechselnde Offen- und Geschlossenseyn der Spaltöffnung ab. Für die Aufnahme der Gasarten, welche namentlich bei den oben erwähnten Pflanzen, die ihre hauptsächlichste Nahrung aus der Atmosphäre schöpfen, durch die Oberhaut geschieht, stellen sich ebenfalls die Spaltöffnungen als die geeignetsten Organe dar, so weit nicht diese luftförmigen Nahrungsstoffe in dem atmosphärischen Wasser gelöst, mit diesem durch die Oberhautzellen eingesogen werden, wie es wenigstens mit dem kohlensauren Gas wohl der Fall seyn mag. Darum möchte wohl die Annahme die größte Wahrscheinlichkeit für sich haben, daß die Oberhautzellen eine ausdünstende und einsaugende, die Spaltöffnungen (d. h. die eigentlichen Spalten derselben) aber vorzugsweise eine aushauchende und einathmende Verrichtung haben. Bei Allem dem ist jedoch die Thätigkeit der Oberhaut gleichsam nur eine die Wechselwirkung zwischen dem Innern der Pflanze und der Atmosphäre vermittelnde, da in den

Oberhautzellen selbst in der Regel keine Zubereitung und Verähnlichung der von ihnen aufgenommenen Stoffe stattfindet, sondern diese Elementarorgane sich eigentlich nur als die Leiter für die ausgeschiedenen und eingesogenen Stoffe darstellen.

Von den Haaren der Oberhaut gilt im Allgemeinen, was von den Oberhautzellen gesagt worden; auch sie sind zur Ausscheidung und Einsaugung von Feuchtigkeiten bestimmt. Daß viele Haare eine aussondernde Funktion haben, lehrt der Augenschein, indem man häufig nicht nur im Innern derselben Flüssigkeiten erkennt, sondern diese auch austreten und auf ihrer Spitze in Tröpfchen hängen sieht. Doch ist dieser ausgeschiedene Saft selten von wässeriger, sondern gewöhnlich von anderer, eigenthümlicher Beschaffenheit. So finden wir einen öligen und schmierigen Saft auf oder in den Haaren der Taback-Arten, des Bilsenkrautes, Löwenmauls, der Madien, mehrerer Habichtskräuter (Hieracium amplexicaule, H. grandiflorum, H. intybaceum), Kampher an den Haaren des Bisam-Hibiskus (Hibiscus Abelmoschus), rothen Saft in den Haaren der Blüthenstiele, Kelche und Blumen der glänzenden Salbei (Salvia splendens). Die Haare der Nesseln verursachen nur dadurch das heftige Brennen in der Haut und selbst Entzündung, weil aus ihren starren Haaren eine ätzende Flüssigkeit ausfließt, welche in die durch die Haare verlezten Theile sich ergießt. Daher richtet sich der Grad des Brennens nicht nach der Länge oder Stärke der Haare, sondern nach der mehr oder minder ätzenden Eigenschaft des Saftes. Die hanfblätterige Nessel (Urtica cannabina) Sibiriens und die beerentragende Nessel (U. baccifera) Südamerikas verursachen nur aus diesem Grunde heftigere und schmerzhaftere Entzündungen als unsere gemeine und Brenn-Nessel (U. dioica u. U. urens), und diese leztern brennen während der Blüthezeit weniger als sonst, weil dann weniger ätzende Säfte abgeschieden werden, während die kanadische Nessel (U. canadensis), trotz ihrer starken Haare, wenig oder gar nicht brennend ist. Da ferner die Haare bei vielen Pflanzen vorzugsweise auf den Blattnerven angetroffen werden, in diesen aber die Saftgänge, also die mehr verarbeiteten Säfte enthalten sind, so scheint auch dieses Vorkommen

der Haare darauf hin zu deuten, daß sie hier zur Ausscheidung der überschüssigen wässerigen und sonstigen Flüssigkeiten bestimmt sind.

Dagegen fehlt es auch nicht an Beobachtungen, welche uns auf eine einsaugende Funktion der Haare schließen lassen. Die obere Blattfläche, von welcher man annehmen kann, daß sie hauptsächlich, wegen ihrer Richtung gegen das Sonnenlicht, ausdünstend sey, ist gewöhnlich weniger behaart und häufig ganz kahl, während die untere, augenscheinlich mehr zur Einsaugung bestimmte Fläche dabei oft einen starken Ueberzug von Haaren besizt. Pflanzen, welche in magerem, trockenem Boden wachsen, sind im Allgemeinen stärker behaart als die in fruchtbarem Erdreiche vorkommenden, und viele Pflanzen, die im trocknen und mageren Boden behaart sind, werden es weniger oder verlieren alle Haare, wenn sie in fruchtbarem oder feuchtem Erdreiche gezogen werden. So bemerkt man häufig, daß Gebirgs- und Alpenpflanzen ihre Haare in Gärten zum Theil oder ganz verlieren. Der wilde Thymian oder Quendel (Thymus Serpyllum), der auf besserem Boden und in einer vor dem Austrocknen durch die Sonnenwärme geschüzten Lage nur mäßig behaart erscheint, wird oft ganz zottig, wenn er auf dürrem Sandboden wächst. Da nun die auf magerem Boden wachsenden Pflanzen größtentheils ihre Nahrung aus der Atmosphäre aufnehmen müssen, weil ihre Wurzeln aus der Erde ihnen zu wenig Nahrungsstoffe zuführen können, so deutet hier die größere Menge der Haare offenbar auch auf eine einsaugende Funktion derselben.

Durch die sehr gewöhnliche Beobachtung, daß viele in der Jugend behaarte Pflanzentheile, namentlich Aeste und Blätter, später, wenn sie eine mehr trockne Konsistenz erhalten, ihre Haare verlieren, oder die leztern, wenn sie auch vorhanden bleiben, dann keinen flüssigen Inhalt mehr erkennen lassen, sondern vielmehr als abgestorben zu betrachten sind, werden wir zu dem wohl richtigen Schlusse geleitet, daß die Haare, gleich den Oberhautzellen im Allgemeinen nur zur Aufnahme und Ausscheidung tropfbar flüssiger oder dunstförmiger Stoffe bestimmt sind.

Endlich gibt es aber doch auch noch Haare, welche, da sie sehr bald verschwinden, nur zur Beschützung der jüngsten, zarten Pflanzentheile gegen die Kälte bestimmt scheinen, wie dieses

die in eine dichte Wolle eingehüllten Knospenblättchen mancher Pflanzen, z. B. der Roßkastanie und des königlichen Rispenfarns (Osmunda regalis), bezeugen, welche schon während ihrer Entfaltung ihre Haarbekleidung verlieren.

Die Drüsen haben dagegen eine bloß aussondernde Verrichtung, und alle Flüssigkeiten, die man bis jezt in den wahren Drüsen der Oberhaut gefunden hat, bewähren sich als eigenthümliche ausgeschiedene Säfte von schleimiger, öliger, saurer Beschaffenheit u. s. w., so daß wir die Drüsen zugleich als die den Saftbehältern entsprechenden Theile auf der Oberfläche der Pflanze betrachten können, die ihren Saft häufig nach Außen ergießen, wie bei der klebrigen Robinie u. a. m., und dadurch die Oberfläche der Organe mehr oder weniger schmierig und klebrig machen.

Zweiter Artikel.

Von den Verrichtungen der zusammengesezten Organe der Pflanzen.

I. Von der Ernährung.

§. 168.

Unter der Ernährung verstehen wir diejenige Lebensthätigkeit, wodurch die einmal vorhandene Pflanze bis zum Ziele ihres Bestehens sich zu erhalten und in ihren äußern Organen zu vergrößern vermag. Es lassen sich dabei drei verschiedene, aber in der innigsten Beziehung zu einander stehende, untergeordnete Verrichtungen unterscheiden, nämlich: die Aufnahme der Nahrungsstoffe, die Umwandlung derselben in eigene Bestandtheile der Pflanzen oder die Assimilation und das Wachsthum, welches durch die beiden vorhergehenden bedingt, eigentlich nur als das Resultat derselben zu betrachten ist.

1. Von der Aufnahme der Nahrungsstoffe.

§. 169.

Die Pflanzen, welche ihre Stelle nicht willkürlich zu verändern vermögen, können daher auch nicht, wie die Thiere, ihre Nahrung

aufſuchen, ſondern müſſen ihre Nahrungsſtoffe aus ihrer nächſten Umgebung, nämlich aus der Erde und der Luft aufnehmen. Die aus der Erde aufzunehmenden Nahrungsſtoffe der Pflanzen werden zwar hauptſächlich durch die in dem Boden oder auf deſſen Oberfläche befindlichen, allmälig verweſenden thieriſchen und Pflanzen-Ueberreſte gebildet, doch nehmen auch die meiſten unorganiſchen Beſtandtheile des Bodens daran Theil. Wenn dieſe Stoffe als Nahrungsmittel dienen ſollen, muß die Erde beſtändig feucht ſeyn; ohne Waſſer geht keine Vegetation vor ſich. Die eingeſogene Nahrung kann demnach nur aus Waſſer und den in dieſem völlig auflöslichen Stoffen beſtehen, und auch die atmoſphäriſche Luft kann als ſolche (im unzerlegten Zuſtande) nur dadurch für die Pflanzen nährend werden, daß ſie demſelben Waſſer oder Waſſerdunſt nebſt den darin aufgelösten Stoffen zuführt.

Daß nicht bloß die Beſtandtheile des aus der Verweſung organiſcher Stoffe hervorgegangenen Humus, ſondern auch die meiſten unorganiſchen Beſtandtheile des Bodens von der Pflanze aufgenommen werden können, iſt bereits (§. 153—156) nachgewieſen worden. Aus vielen Verſuchen, die Pflanzen bloß in kohlenſäurehaltigem Waſſer wachſen zu laſſen, geht jedoch hervor, daß Kohlenſäure und Waſſer die vorzüglichſten Nahrungsſtoffe abgeben. Die Kohlenſäure wird hauptſächlich bei der Umänderung der Beſtandtheile des reinen Humus (durch die Aufnahme von Sauerſtoff aus der Atmoſphäre) in Humusextrakt in reichlichem Maße erzeugt. Die verſchiedenen Arten des Düngers werden namentlich dadurch zur Beförderung der Fruchtbarkeit des Erdreichs geſchickt, daß ſie theils ſchon gebildete Kohlenſäure enthalten, oder dieſe durch die Verbindung ihres Kohlenſtoffs mit dem Sauerſtoff der Luft in reichlicher Menge erzeugen, ſo wie dadurch, daß ihre Einwirkung auf die im Erdreich enthaltenen Theile organiſchen Urſprungs die Zerſetzung derſelben bewirkt und durch dieſe Einwirkung zugleich die mineraliſchen Stoffe häufig auflöslicher werden. Da das Waſſer aber auch ſtets atmoſphäriſche Luft aufgelöst enthält, ſo wird neben dem Sauerſtoff der Luft auch Stickſtoff von der Pflanze eingenommen. Mit dem Waſſer gelangt endlich, neben dem Sauerſtoff dieſes dem Pflanzenleben ſo unentbehrlichen Elementes, auch der andere Beſtand-

theil desselben, der Wasserstoff, in reichlicher Menge in die Pflanze, so daß die vier Grundstoffe, welche wir in den organischen Verbindungen der Pflanzen die Hauptrolle spielen sehen, nämlich der Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, den Pflanzen von allen Seiten in ihren Nahrungsstoffen dargeboten werden.

Ebenso läßt es sich aus dem (§. 154—156) über die chemische Beschaffenheit des Bodens Gesagten ohne Schwierigkeit nachweisen, daß auch alle übrigen entfernteren Bestandtheile, so wie die unorganischen Verbindungen, welche in den Pflanzen vorkommen, denselben durch die Nahrungsflüssigkeit zugeführt werden. So ist z. B. selbst die Aufnahme der Kieselerde vermittelst dieser Flüssigkeit keineswegs unerklärbar. Die Kieselerde ist unter gewissen Umständen, die in der Natur existiren, im Wasser offenbar auflöslich, wie die in den heißen Quellen des Geisers (auf Island) enthaltene und an deren Ufer sich absetzende Kieselerde, ferner die Kiesel-Tropfsteine beweisen, deren Bildung nur durch eine vorherige Auflösung der Kieselerde in Wasser erklärt werden kann. Nach Berzelius ist endlich die reine Kieselerde, das Silicium-Oxyd, wenn es sich bildet, in ziemlich großer Menge in Wasser auflöslich, und das Nämliche ist wohl in dem Augenblicke der Fall, wann sich die Kieselerde aus den von ihr eingegangenen Verbindungen trennt und dann ebenfalls als reines Silicium-Oxyd erscheint. Wird nun die Kieselerde, wenn auch nur in geringer Menge, vom Wasser aufgelöst, so kann doch mit der Zeit durch die große Menge der eingesogenen Flüssigkeit eine bedeutende Quantität der Pflanze zugeführt und in dieser abgesezt werden. Auf gleiche Weise läßt sich auch die Aufnahme vermittelst der Nahrungsflüssigkeit aller übrigen, in den Pflanzen vorkommenden, für sich im Wasser schwer- oder unauflöslichen Stoffe erklären, welche, zum Theil in Verbindung mit Säuren oder dem Moder des Humus, mit dem Wasser aufgenommen und dann in der Pflanze abgelagert werden.

§. 170.

Die meisten Pflanzen nehmen, da sie in der Erde festgewurzelt sind, auch ihre vorzüglichste Nahrung aus der Erde vermittelst der Wurzeln ein, und es ist durch Versuche erwiesen,

daß bei den Gefäßpflanzen die Einsaugung der Nahrungsstoffe hier vornämlich nur durch die äußersten, rein zelligen Enden der Wurzelzasern geschieht, indem die zarten Wurzelhaare, welche die Wurzeln und unterirdischen Stengel bekleiden, so wie die Oberfläche selbst der in dem Boden versenkten Theile wenig oder gar nicht einsaugend sind. Bei den Zellenpflanzen aber, deren Haarwurzel in den Boden eindringt, wie bei Moosen, Lebermoosen und Charen, ist es nicht zu bezweifeln, daß jedes Wurzelhaar in seiner ganzen Länge die Nahrungsflüssigkeit einsaugen könne. Die meisten Pflanzen dagegen, welche feine einsaugenden Wurzeln haben, sondern nur mit Haftorganen versehen sind, um sich auf ihrem Boden zu befestigen, wie viele Flechten und Algen, oder mit ihrer ganzen untern Fläche ihrem gewöhnlich aller Nahrungsflüssigkeit entbehrenden Boden anhängen, wie die Krustenflechten, müssen nothwendig ihre Nahrung durch die ganze Oberfläche aus dem sie umgebenden Medium, die Algen also aus dem Wasser, die Flechten aber aus der Luft aufnehmen können. Daraus läßt es sich erklären, warum die leztern nur in den feuchten, regnerischen Jahreszeiten vegetiren und während eines sehr trocknen Zustandes der Luft kein Wachsthum zeigen und wie erstorben scheinen, so wie auch das äußerst langsame Wachsthum, welches man an den auf dürren Felsen und Steinen wachsenden Krustenflechten bemerkt, deren Boden die atmosphärische Feuchtigkeit nicht zurückzuhalten vermag, hierin seine Erklärung findet *).

---

*) Es gibt freilich auch Flechten, welche mit ihrer untern Fläche der Erde aufliegen oder selbst mit ihren Haftfasern, wie die Schildflechten (Peltigera), ziemlich tief in dieselbe eindringen. Hier wird durch diese Theile, da die Flechte auf ihrer ganzen Oberfläche einsaugend ist, ohne Zweifel auch die Feuchtigkeit aus der Erde aufgesogen. Bei einigen Krustenflechten, wie bei Verrucaria muralis, V. rupestris und mehreren verwandten Arten, kommt die auffallende Erscheinung vor, daß sich dieselben namentlich mit ihren Früchten in die Oberfläche der Kalksteine mehr oder weniger tief einbohren, so daß nach dem Verschwinden der Früchte kleine Grübchen in dem Gestein zurückbleiben. Hier wird offenbar die Kalkerde von diesen Flechten aufgenommen, die wirklich sehr kalkhaltig sind, und es scheint die Auflösung des Kalkes vermittelst einer Säure zu geschehen, welche die Flechten in sich erzeugen und aus

Dadurch werden wir jedoch auch zu dem weiteren Schlusse geleitet, daß die atmosphärische Luft nur in ihrem zeitweise feuchten Zustande und nur durch die Feuchtigkeit, womit sie geschwängert ist, ernährend auf die Pflanzen wirkt, und so sehen wir selbst viele Gefäßpflanzen, welche nur mit wenigen, oft schwachen Wurzelzasern einem magern oder ganz von Nahrungsstoffen entblößten Boden angeheftet sind, ihre hauptsächlichste Nahrung aus der Luftfeuchtigkeit durch ihre ganze Oberfläche einnehmen. Es sind dieses immer solche Pflanzen, welche eine sehr saftige Konsistenz besitzen, die sie in den Stand sezt, bei einem lang anhaltenden trocknen Luftzustande sich dennoch durch die Menge des in ihrem Innern angehäuften Saftes frisch und kräftig zu erhalten. Dahin gehören die Hauslauch- und Sedum-Arten, die Fackeldisteln (Cactus), die Stapelien und die fleischigen Wolfsmilch-Arten, welche mit ihren saftigen Stengeln und Blättern auf dem dürresten Boden gedeihen und aus diesem unmöglich die zu ihrer Ernährung hinreichende Menge von Nahrungsstoffen empfangen können*). Die auffallendsten Beispiele von einer Ernährung aus der bloßen Luftfeuchtigkeit liefern verschiedene Arten der Gattungen Aërides, Dendrobium (aus der Familie der Orchideen) und Tillandsia (aus der Familie der Bromeliaceen), welche nur vermittelst einiger Wurzelzasern auf der Rinde von Baumzweigen befestigt sind und dennoch Triebe und Blüthen von dem höchsten Wohlgeruche tragen. Diese sind, wie die Flechten, wahre Luftpflanzen, welchen die Wasserdünste und Ga. arten in der Atmosphäre zur Nahrung hinreichen**).

---

ihrer untern Fläche austreten lassen, da sich dieses Einbohren der Früchte nicht wohl aus einer Auflösung des Gesteins durch die bloße Luftfeuchtigkeit erklären läßt. Diese ist dann aber doch hier in allen Fällen nöthig, um die Pflanzen überhaupt in dem Zustande zu erhalten, in welchem sie diese Ausscheidung bewerkstelligen, und wahrscheinlich auch, um die aus ihrer Verbindung getrennte Kalkerde aufzunehmen und den Pflanzen zuzuführen.

*) Es ist eine allgemein bekannte Sache, daß die Erde der in unsern Treibhäusern gehaltenen Cactus-Arten und der übrigen sogenannten Fleischgewächse nur äußerst wenig oder gar nicht begossen werden darf, weil sonst diese Pflanzen leicht von der Fäulniß befallen werden.

**) Daß aber auch die Blätter im Allgemeinen Flüssigkeiten absorbiren und also Nahrungsstoffe aus der Atmosphäre aufnehmen können,

Die Schmarotzerpflanzen endlich, welche mit ihren Wurzeln in die Rinde anderer Pflanzen eindringen, wie die Flachsseiden (Cuscuta), oder selbst, oft ohne deutlich erkennbare Wurzeln, fest mit der Substanz der Pflanzen, denen sie aufsitzen, verwachsen sind, wie die Misteln (Viscum), Riemenblumen (Loranthus), und die Rhizantheen (Rafflesia, Brugmansia *Blume*) nehmen offenbar den größten Theil ihrer Nahrungsstoffe aus dem in der sie tragenden Pflanze bereits bis zu ihnen aufgestiegenen Safte, wiewohl die Misteln und Riemenblumen durch ihre grüne Oberfläche auch aus der Atmosphäre gewisse Stoffe aufzunehmen im Stande seyn mögen. Andere, nicht grüne Schmarotzerpflanzen, wie die Ohnblatt- (Monotropa) und Sommerwurz-Arten (Orobanche), welche noch mit zahlreichen, freien Wurzelzasern versehen sind, müssen dagegen auch die Fähigkeit besitzen, vermittelst dieser die Nahrungsstoffe aus der Erde aufzunehmen; ihre Anheftung auf den Wurzeln anderer Pflanzen scheint daher mehr auf den Assimilationsprozeß Bezug zu haben.

Wie aber auch die Aufnahme der Nahrung geschehen möge, so ist es gewiß, daß nur aufgelöste Stoffe von der unversehrten Pflanze aufgenommen werden können. Gewissen Auflösungen ausgesezt, absorbiren die Wurzeln die aufgelösten Substanzen, jedoch gewöhnlich in einem andern Verhältnisse zum Wasser, als worin sie in der Auflösung enthalten sind. Wenn man ferner Pflanzen mit ihren vollständigen Wurzeln in Auflösungen stellt, welche z. B. mehrere Salze zu gleichen Theilen enthalten, so nehmen sie die leztern immer in ungleicher Menge und überhaupt in geringerem Verhältnisse auf, als sie sich in der Auflösung befanden. Daraus läßt sich wohl auf ein bestimmtes Vermögen der Pflanzen schließen, einen Ueberschuß der in dem Wasser aufgelösten Stoffe ausgeschlossen zu halten und das Wasser selbst in größerem Maße in sich aufzunehmen. Daher ist wohl die Annahme nicht ganz ungegründet, daß auch bei der

---

beweisen schon die (S. 255 angegebenen) Versuche von Bonnet, und die von T. Burnett, welcher (Journal of the royal Institution Nro. 1. Oktob. 1830. p. 83—101) die Versuche des erstern nicht bloß wiederholte, sondern auch noch weiter verfolgte.

Einsaugung ihrer gewöhnlichen Nahrungsstoffe, wenn gleich keine eigentliche Zersetzung und Vorbereitung, doch eine gewisse Auswahl dieser Stoffe durch die Pflanze stattfinden können. Diese Auswahl scheint indessen vielmehr von der Fähigkeit des Zellgewebes der Wurzelspitzen, den dünnern Flüssigkeiten leichter den Durchgang zu gestatten, abzuhängen, und nicht (wie man auf den ersten Blick meinen könnte) auf einem dunklen Gefühle der natürlichen Bedürfnisse zu beruhen. In den Versuchen, wo man Pflanzen in Auflösungen giftiger oder überhaupt zu deren Nahrung untauglicher Substanzen stehen läßt, scheint die Wurzel anfangs nur das Wasser einzusaugen, und später erst, nachdem ihr Vermögen, die schädlichen Stoffe ausgeschlossen zu erhalten, geschwächt oder völlig aufgehoben ist, dieselben auf eine mehr mechanische Weise in sich aufzunehmen. Dabei werden dann gerade die am meisten zerstörend auf das Pflanzenleben wirkenden Stoffe, z. B. schwefelsaures und essigsaures Kupfer, in größerer Menge in der endlich abgestorbenen Pflanze vorgefunden als die minder giftigen. Es ist dieses nach (Saussure) wohl nur daraus zu erklären, daß die schädlichern Stoffe bald das Vermögen der Pflanzen, dieselben auszuschließen, aufheben, worauf die Auflösung, besonders wenn dabei selbst das Zellgewebe der Wurzelspitzen zerstört wurde, gerade zu und blos in Folge der Hygroskopicität der Zellenmembranen aufgesogen werden, statt daß bei den weniger schädlichen Stoffen das Wasser fortwährend in einem größern Verhältnisse als der darin aufgelöste Stoff von der Pflanze aufgenommen werden kann.

Merkwürdig ist es, daß die wässerigen Auflösungen von bereits in den Pflanzen zubereiteten oder abgesonderten Stoffen, z. B. von Gummi und Zucker, nicht sonderlich zur Ernährung taugen; nur in den mit Wasser stark verdünnten Auflösungen derselben bleiben die mit ihren Wurzeln hineingestellten Pflanzen längere Zeit am Leben; in einer sehr gesättigten Auflösung sterben sie dagegen sehr bald ab, so daß man deutlich sieht, wie hier nur das Wasser ihre Lebensthätigkeit zu fristen vermag. Dieses ist noch mehr der Fall mit den durch die Wurzeln ausgeschiedenen Stoffen, indem diese meist für die Pflanzen derselben Art und häufig auch für andere Pflanzenarten zur Ernährung untauglich sind. Dagegen fehlt es auch nicht an Beispie-

len, wo gewisse Pflanzen die Nachbarschaft anderer aus einer verschiedenen Gattung gleichsam suchen und sich in deren Nähe vorzugsweise ansiedeln, oder wo eine Pflanzenart besonders gut in dem Boden gedeiht, worin vorher eine andere bestimmte Pflanzenart gewachsen war. Hier scheint der schädliche oder wohlthätige Einfluß, welchen die Nachbarschaft oder die Aufeinanderfolge verschiedener Pflanzen auf dieselben ausübt, vorzüglich von den durch die Wurzeln ausgeschiedenen Flüssigkeiten herzurühren, welche das Erdreich mehr oder weniger anschwängern und für die Ernährung mancher Pflanzen nicht, anderer dagegen im hohen Grade tauglich sind. Für diese Annahme sprechen wenigstens die Versuche, welche Macaire*) über die Wurzelexcretionen einer ziemlich großen Anzahl von Pflanzen anstellte, wobei er fand, daß, wenn das Wasser, worin Hülsenpflanzen (z. B. Bohnen oder Erbsen) vegetirt hatten, sich stark mit dem durch die Wurzeln ausgeschiedenen Stoffe geschwängert hatte, dann neu hineingebrachte Pflanzen derselben Art ziemlich schnell darin verwelkten; brachte er aber Weizenpflanzen hinein, so gediehen diese recht gut und man sah die gelbe Farbe der Flüssigkeit bleicher werden, ein Zeichen, daß die darin enthaltenen ausgeschiedenen Stoffe von der Wurzel der Weizenpflanzen als Nahrung aufgenommen wurden. Daraus läßt sich wohl erklären, warum z. B. die Scharte (Serratula arvensis) dem Hafer, das gemeine Berufkraut (Erigeron acre) dem Weizen, der Spörk (Spergula arvensis) dem Buchweizen, die Wolfsmilch-Arten und Scabiosen dem Flachs so schädlich werden, während umgekehrt der gemeine Weiderich (Lythrum Salicaria) die Nachbarschaft der Weiden (Salix), die Trüffel die Nähe der Eiche oder Hainbuche ꝛc. sucht. Es erklärt sich ferner, warum in der Landwirthschaft nicht immer dieselben Pflanzen mehrere Jahre nacheinander auf dem nämlichen Felde gedeihen, und daher mit der Aussaat verschiedener Gewächse abgewechselt werden muß, worauf sich die sogenannte Welchselwirthschaft gründet. Es ist nämlich eine bekannte Erfahrung der Landwirthe,

---

*) Biblioth. univ. 1832. Mai, p. 33—49. im Auszug in Pharmac. Centralblatt für 1832, S. 600—604.

daß z. B. nach Flachs der Weizen und Roggen schlecht, hingegen nach Kartoffeln und Klee gut gedeihen ꝛc.

Daß jedoch bei Allem dem keine bedeutende Verschiedenheit in der von den Pflanzen durch die Wurzeln aus der Erde eingesogenen Flüssigkeit oder dem rohen Safte herrschen könne, beweist die große Menge verschiedenartiger Pflanzen, welche oft zusammen in einem und demselben Boden wachsen, so wie die allgemeine Wirkung der Düngerarten, welche sich auf die meisten Pflanzen in ziemlich gleicher Weise äußert. Es muß demnach die Nahrungsflüssigkeit oder der rohe Saft der Pflanzen im Allgemeinen sehr übereinstimmend seyn.

2. Von der Assimilation der aufgenommenen Nahrungsstoffe.

§. 171.

Aus der großen Uebereinstimmung des rohen Saftes ziehen wir nothwendig den Schluß, daß die eingesogene Nahrungsflüssigkeit den Pflanzen nur die Elemente liefert, aus welchen die verschiedenen organischen Verbindungen erst in der Pflanze vermittelst der Lebensthätigkeit zusammengesezt werden. In denjenigen Zellenpflanzen, welchen eine einsaugende Wurzel fehlt, wie den Flechten und Algen, verbreitet sich der aus dem umgebenden Medium aufgenommene rohe Saft, von Zelle zu Zelle übergehend, durch das ganze Parenchym und erleidet, indem er sich hier allenthalben mit der schon vorhandenen, mehr oder weniger organisirten Zellenflüssigkeit vermischt, gleich nach seiner Aufnahme eine Veränderung, welche sich allmälig bis zur völligen Assimilation steigert. Wie hier die ganze Oberfläche der Pflanze in gleichem Maße einsaugend ist, so scheint auch durch die ganze innere Zellenmasse eine gleichmäßige Verarbeitung der Nahrungsflüssigkeit stattzufinden bis zu jenen Pflanzen dieser Familien, wo sich deutlich unterscheidbare Schichten verschieden gestalteter Zellen im Innern erkennen lassen, wie bei den höher organisirten Algen, den laubartigen und strauchigen Flechten, bei welchen außerdem noch eine schon deutlich gesonderte, selbst wieder einen eigenen Zellenbau zeigende Fruchtbildung auftritt. Hier sehen wir schon an den verschiedenen in den erkennbaren Schichten abgelagerten Stoffen, daß auch eine verschiedene, diesen Schich-

ten entsprechende Thätigkeit durch die Zellenmasse vertheilt seyn müsse. In den mit einem höchst einfachen und mehr oder weniger gleichförmigen Zellenbau begabten Staub- und Fadenpilzen wird die Assimilation der Nahrungsflüssigkeit auf dieselbe gleichmäßige Weise geschehen, wie in den einfachern Flechten, den Faden- und Hautalgen, während die höher ausgebildeten Pilze, vermöge der schon mannigfaltigern Zellenbildung, welche bei den meisten in deutlich erkennbare Schichten gesondert erscheint, sich hinsichtlich der Assimilation den mit einem mehr zusammengesezten Zellgewebe versehenen Flechten und Algen ähnlich verhalten. Sie scheinen sich jedoch dadurch von den leztern zu unterscheiden, daß sie nicht wie diese auf ihrer ganzen Oberfläche einsaugend sind, sondern durch ihr zellig-faseriges oder häutig schleimiges Unterlager (I. S. 116) die Nahrungsflüssigkeit aufnehmen, wodurch sie schon in etwas an die mit wirklichen Wurzeln versehenen Pflanzen erinnern.

In allen mit einer wahren Wurzel versehenen Pflanzen steigen die von der Wurzel eingesogenen Flüssigkeiten schnell zum Stamme, welcher sie in alle Theile der Pflanze verschickt. Hier tritt überall eine größere Mannigfaltigkeit der Elementarorgane und eine bestimmte Vertheilung ihrer verschiedenen Formen durch die ganze Masse des Gewächses auf, und dieses ist selbst da noch der Fall, wo die Pflanze nur ein einziges anatomisches System besizt, nämlich bei den Moosen und Lebermoosen, bei welchen man schon an den abweichenden, in den verschieden gebildeten Zellg-vebspartien abgelagerten Stoffen eine verschiedenartige Thätigkeit in der Zellenmasse erkennt. Diese Zellenpflanzen einer höheren Bildungsstufe nähern sich indessen noch darin den Flechten und Algen, daß sie eben so mit großer Leichtigkeit ihre Nahrungsflüssigkeit auch durch die ganze Oberfläche aufzunehmen vermögen.

Die verschiedenartigsten und dabei complicirtesten Verhältnisse bietet uns jedoch der Assimilationsprozeß der Gefäßpflanzen, da bei diesen nicht allein eine auf das Mannigfaltigste nach Form und Funktion modificirte Zellenbildung vorhanden ist, sondern auch noch ein zweites, ganz eigene Thätigkeiten bedingendes, anatomisches System, die Gefäßbildung, hinzutritt. Wir werden daher vorzugsweise den Gang der Assimilation bei diesen Pflan-

zen näher zu verfolgen haben, da sich diese der Ernährung angehörende und daher zwar untergeordnete, aber dennoch an sich wieder ziemlich zusammengesezte Verrichtung in den Zellenpflanzen zum Theil schon aus der allgemeinen Funktion der Zellen (§. 161) ergibt, zum Theil aber bei den Gefäßpflanzen das auf die Zellenpflanzen Bezügliche, gleichsam auf eine höhere Stufe gesteigert, sich wiederholt, und sonach im Wesentlichen zugleich mitgegeben ist.

Der von den Wurzeln eingesogene rohe Saft ist immer sehr wasserhaltig; er wird aber, indem er durch das Innere der Wurzel zu dem Stamme, den Zweigen und Blättern fortgeführt wird, sogleich nach der verschiedenen Thätigkeit einer jeden Pflanze verändert. Anfangs ist er daher auch in der Pflanze noch mehr wässerig und in manchen Fällen behält er sogar noch eine geraume Zeit lang diese Beschaffenheit bei. So erscheint der schon weit im Stamme aufgestiegene Saft ganz klar, ohne merklichen Geschmack und wenig vom reinen Wasser verschieden beim Weinstock, im Frühling, vor dem Ausschlagen der Knospen, wo er aus den beschnittenen Reben in Tropfen als sogenanntes Thränenwasser reichlich ausfließt. Aus den abgeschnittenen Zweigen der brennenden Thoa (Thoa urens *Aubl.*), eines wegen der Brennhaare auf den Früchten so genannten kleinen Baumes oder Strauches, aus der Familie der Chlorantheen, in den Wäldern von Guiana, rinnt ein reichliches, klares und geschmackloses, trinkbares Wasser. Das Nämliche ist der Fall bei dem herzblättrigen Grübling (Omphalea giandra *Lin.*), einem Strauche aus der Familie der Euphorbiaceen, welcher ebendaselbst und in Jamaika wächst. Der trinkbare Raspelstrauch (Tetracera potatoria *Afzel.*), ein Schlingstrauch aus der Familie der Dilleniaceen, in Guinea einheimisch, wird sogar von den Kolonisten auf der Sierra-Leona-Küste, unter dem Namen Waserbaum, gebaut, um das aus den gemachten Einschnitten in ziemlich großer Menge ausfließende, trinkbare Wasser zur Stillung des Durstes zu benützen. Auch die riesige Brunnenpflanze (Phytocrene gigantea *Wallich*), aus der Familie der Araliaceen, in Ostindien, gibt einen reichlichen, trinkbaren, wässerigen Saft.

In den meisten übrigen Fällen findet man dagegen den

Saft gleich nach seiner Aufnahme in der Pflanze mehr verändert, wo er dann den Namen Nahrungssaft führt. Bei dem größten Theile der dikotyledonischen, so wie bei vielen monokotyledonischen Bäumen, wo man ihn auch zuweilen als Holzsaft unterschieden hat, stimmt er darin überein, daß er zwar noch mehr oder weniger wasserhell, aber von süßlichem Geschmack und, an die freie Luft gebracht, zur Gährung geneigt ist. Daher kann man aus dem Holzsafte vieler Bäume z. B. der Birken, Ahorne und vieler Palmen ein weinartiges Getränke, Zucker und Essig bereiten.

Schon das im Frühling gewöhnliche Thränen der beschnittenen Weinreben, so wie überhaupt das in dieser Jahreszeit erfolgende Ausfließen des noch ziemlich wässerigen Nahrungssaftes aus der Schnittfläche des Strunkes frisch gefällter Bäume, gibt den Beweis von dem Aufsteigen dieses Saftes in den Pflanzen. Daß jenes Ausströmen und folglich auch das Aufsteigen mit großer Gewalt geschehe, ist aus den (S. 237) mitgetheilten Versuchen von Hales ersichtlich. Die Geschwindigkeit und Kraft, womit der Nahrungssaft in der Pflanze aufsteigt, richtet sich jedoch besonders nach dem Grad der Wärme in der Atmosphäre und nach der Stärke des Lichtes, jener beiden äußeren Potenzen, deren mächtigen Einfluß auf das Pflanzenleben überhaupt wir schon (§. 148 u. 149) kennen gelernt haben. Bei erhöhter Temperatur und verstärktem Einflusse des Lichtes geht die Einsaugung und das Aufsteigen des Saftes viel rascher vor sich als in der Kälte und bei getrübtem Himmel, oder gar im Finstern. Nachdem einmal die Blätter sich entfaltet haben, scheint diese gesteigerte Thätigkeit auch mit der durch den Wärme- und Lichteinfluß ebenfalls vermehrten Ausdunstung durch die Oberhaut in genauem Zusammenhange zu stehen.

Daß das Aufsteigen des Saftes nicht ein bloß mechanisches, auf der Kapillarität der Zellen und Intercellulargänge beruhendes seyn könne, sondern vielmehr eine Kontraktilität der Zellenwände voraussetze, ist bereits (S. 238) bemerkt worden, so wie sich auch aus Demjenigen, was (§. 165) über die Verrichtung der Gefäße gesagt worden, mit ziemlicher Gewißheit ergibt, daß die aus der Erde eingesogene Flüssigkeit nicht in den Gefäßen, sondern lediglich in dem Zellgewebe aufsteigt. Dadurch ist dann

der Weg angedeutet, welchen der aufsteigende Nahrungssaft nehmen muß, und zugleich die Möglichkeit gezeigt, wie derselbe nicht bloß in gerader Richtung nach oben gehen, sondern dabei auch seitlich nach allen Richtungen die innere Zellenmasse durchströmen könne.

Je höher der Nahrungssaft in der Pflanze aufsteigt, desto mehr wird er von dieser assimilirt. Knight hat Versuche angestellt, um die Verschiedenheit des aufsteigenden Saftes in verschiedenen Höhen darzuthun. Er ließ unter andern den Saft eines Maulbeerbaumes in verschiedenen Höhen über der Wurzel ausrinnen, und fand ihn um so concentrirter, je höher er genommen wurde. An der Wurzel war sein specifisches Gewicht 1,004; sieben Fuß höher hinauf hatte der ausfließende Saft 1,008 spec. Gewicht und bei zehn Fuß Höhe 1,012. Derselbe Versuch, bei einer Birke und einem Spitzahorn wiederholt, gab ein analoges Resultat. Der Saft an der Wurzel dieser Bäume besaß kaum Geschmack, aber je höher er genommen wurde, um so süßer wurde er. Diese Versuche geben zugleich noch einen weiteren Beweis für das wirkliche Aufsteigen des Nahrungssaftes in der Pflanze.

Während dieses Aufsteigens muß aber auch von der sich bewegenden Flüssigkeit ein Theil an die Zellen selbst abgegeben werden, welcher durch die einer jeden dieser leztern einwohnende Lebensthätigkeit, wie schon (§. 161) erörtert worden, auf eigene Weise verändert wird, indem sich in den Zellenhöhlen der Schleim, das Stärkmehl, das Chlorophyll, die mancherlei Farbstoffe, die krystallinischen Substanzen u. s. w. daraus abscheiden, worauf der wässerige Ueberschuß der verarbeiteten Flüssigkeit, welcher wieder aus der Zelle austreten muß, sich fortwährend mit dem aufsteigenden Safte vermischt, der demnach noch bedeutend wasserhaltig bis in die äussersten Organe, die Blätter, und überhaupt an die grüne, mit der noch thätigen Oberhaut bekleidete Oberfläche der Pflanze gelangt.

§. 172.

Durch die mit der Oberhaut überkleideten Stellen, vornämlich aber durch die Blätter, wird nun dieser wässerige Ueberschuß des Nahrungssaftes in Dunstform ausgeschieden, worauf er in die Atmosphäre entweicht. Ueber die Art, wie die

Ausdünstung durch die Oberhaut geschehen kann, ist schon Einiges (S. 254) bemerkt worden, so wie auch bereits einige Beispiele über die bedeutende Menge der ausgedünsteten Flüssigkeit (S. 255) angegeben wurden. Die Stärke der Ausdünstung steht mit jener der Einsaugung in ziemlich gleichem Verhältnisse, und wo eine Vermehrung der Ausdünstung stattfindet, da wird auch bei hinreichender Nahrungsflüssigkeit die Einsaugung durch die Wurzeln gesteigert. Die Stärke der Ausdünstung im Allgemeinen ist aber verschieden nach der verschiedenen Einwirkung der Wärme, des Lichtes, der feuchteren oder trockneren Beschaffenheit der Atmosphäre, und somit auch nach den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten. Sie richtet sich im besondern oder bei bestimmten Pflanzen in der Regel nach der Menge der Blätter, so wie überhaupt nach der Größe der mit einer noch thätigen Oberhaut überkleideten Oberfläche derselben. So dünsten die Pflanzen an warmen, heiteren Tagen weit mehr aus und verlangen ein öfteres Begießen zum Ersatz der ausgedünsteten Flüssigkeit, als bei kühlem und trübem Wetter. So ist die Ausdünstung Morgens und Mittags am stärksten; sie vermindert sich Abends, und in der Nacht ist sie am geringsten oder hört ganz auf. Dasselbe Verhältniß tritt in Bezug auf die Jahreszeiten ein, indem sie im Frühling und Sommer am stärksten ist, im Herbste abnimmt und im Winter wenig oder gar nicht mehr stattfindet. Eine mit zahlreichen Blättern versehene Pflanze dünstet stärker aus als eine armblättrige, eine mit großen Blattscheiben versehene wieder mehr als eine schmalblättrige. Ein beblätterter Zweig kann in derselben Zeit das Fünfzehn- bis Dreißigfache ausdünsten von dem, was ein Zweig derselben Pflanze, dem man die Blätter genommen hat, durch Ausdünstung verliert. Indessen richtet sich die Stärke der Ausdünstung doch nicht immer nach den hier angegebenen Bedingungen, sondern es werden durch die Beschaffenheit der Blattsubstanz, durch die Textur der Oberfläche, besonders aber durch die eigenthümliche Lebensthätigkeit gewisser Pflanzen auch manche Ausnahmen von der Regel begründet. Die Pflanzen mit immergrünen, lederartigen Blättern, wie der Epheu, der Citronen- und Pomeranzenbaum, die Stechpalme, der Lorbeer, die Nadelhölzer, ferner die saftigen oder sogenannten Fleischge-

wächse, wie die Fackeldisteln (Cactus), Stapelien, Faserblumen (Mesembrianthemum), die Hauslauch- und Sedum-Arten, lassen unter den nämlichen günstigen Umständen, wo die mit dünnern, in jedem Frühling sich erneuernden Blättern versehenen (die blattwechselnden) Pflanzen sehr stark ausdünsten, keine merklich vermehrte Ausdünstung wahrnehmen. Aus dieser geringen Fähigkeit der Ausdünstung ist es auch wohl zu erklären, warum diese saftigen Pflanzen an ihren trocknen, sonnigen Standorten dennoch gedeihen und, selbst von ihrer schwachen Wurzel getrennt, noch lange Zeit fortleben und sogar neue Blätter und Aeste, ja Blüthen und Früchte treiben können.

Was nun das relative Verhältniß der ausgedunsteten Flüssigkeit zu dem von der Pflanze eingesogenen rohen Safte betrifft, so muß wohl die Menge des Ausgedunsteten geringer seyn als die des Eingesogenen. Denn obgleich Hales einen Versuch anführt, wornach ein Zwerg-Birnbaum, welcher 71 Pfund und 8 Unzen wog und mit den Wurzeln in eine bestimmte Quantität Wasser gestellt war, davon in 10 Tagesstunden 15 Pfund einsog und dagegen in eben dieser Zeit 15 Pfund und 8 Unzen, also 8 Unzen mehr als er aufgenommen hatte, ausdünstete, so erhielt doch Sennbier bei seinem mehrere Monate fortgesezten Versuche mit einer Münzenpflanze (Mentha), ferner in dem Versuche mit einem Himbeerzweige gerade das entgegengesezte Resultat, indem dabei die Menge des Ausgedünsteten immer geringer war als die des Eingesogenen. Dafür spricht aber auch schon die einfache Vergleichung aller bis daher erwähnten, auf die Ernährung der Pflanzen bezüglichen Umstände. Da, wie wir wissen, die von den Wurzeln aufgenommene Nahrungsflüssigkeit mit gar mancherlei Stoffen geschwängert ist, welche während des Aufsteigens des Saftes in der Pflanze abgelagert werden, da ferner von dem Wasser des aufsteigenden Saftes selbst ein Theil, sey es nun in zersetztem oder in unzerlegtem Zustande, von der Pflanze zurückgehalten wird, so kann die endlich bis in die Blätter gelangende und durch diese ausdünstende Flüssigkeit unmöglich die gleiche Menge wie bei dem Einsaugen betragen. Alle über die von den Pflanzen ausgedünstete Materie angestellten Versuche, indem man die Dünste in Gefäßen sich ansammeln und zu dem tropfbarflüssigen Zustande verdichten ließ

haben bewiesen, daß dieselbe ein klares Wasser, von ziemlich gleicher specifischer Schwere wie die des reinen Wassers ist, und wenn auch dieses ausgedünstete Wasser, besonders bei starkriechenden Pflanzen, einen schwachen Geruch von der Pflanze, die es ausgedünstet hat, besitzt und oft schneller in Verderbniß übergeht als gewöhnliches Wasser, so zeigt doch die chemische Analyse nur eine höchst geringe Beimischung von organischen, z. B. harzigen und gummösen Stoffen, und eine noch geringere von unorganischen Bestandtheilen, wie von schwefelsaurem Kalk u. s. w. Sennebier erhielt in einem Versuche aus 40 Unzen einer solchen ausgedünsteten Flüssigkeit nur 2 Gran fester Materie, während in einem andern Versuche aus 6 Pfunden und 9 Unzen ausgedünsteten Wassers einmal $2\frac{1}{5}$ Gran, ein andermal $3\frac{1}{4}$ Gran fester Substanz zurückblieb, woraus ganz augenfällig hervorgeht, daß nur das überschüssige, bei dem Assimilationsprozesse nicht verbrauchte Wasser des eingesogenen rohen Saftes durch die ausdünstende Oberfläche der Pflanzen entweicht.

In den allermeisten Fällen ist die Ausdünstung der Pflanzen durch die mit einer Oberhaut versehene Oberfläche in freier Luft nicht wahrnehmbar, da die in die Atmosphäre entweichenden elastischen Wasserdünste sich unserem Auge gänzlich entziehen. Es gibt indessen auch Fälle, wo außer dieser unmerklichen Ausdünstung noch eine Ausscheidung von Wasser im tropfbar flüssigen Zustande oder wenigstens eine Verdichtung des ausgeschiedenen Wasserdunstes auf der Pflanze selbst stattfindet. So sieht man öfters des Morgens auf den Spitzen der Blätter von Getreidearten und andern Gräsern, vorzüglich bei jungen gekeimten Pflanzen, ausgeschiedene Wassertropfen hängen; das Nämliche wurde schon zu gewissen Zeiten an den Blattspitzen des Pisangs (Musa paradisiaca), an den Spitzen der Blätter und Blüthenscheide des äthiopischen Schlangenkrautes (Calla aethiopica) und am Ende jedes der fünf Hauptnerven des Blattes bei der Kapuzinerkresse (Tropaeolum majus) beobachtet. Von den jungen Zweigen der regnerigen Caesalpinie (Caesalpinia pluviosa *Dec.*), eines brasilianischen Baumes aus der Familie der Hülsenpflanzen, sollen (nach Pater Leandro's Berichte) so zahlreiche Wassertropfen herabfallen, als ob es regnete. Jac. Ed. Smith hat an schattigen mit Pappeln und Wei-

den bepflanzten Stellen ebenfalls zuweilen bei heißem, stillem Wetter auf den Blättern dieser Bäume Wassertropfen bemerkt, welche von denselben, wie ein leichter Regen, herabfielen. Nach den Beobachtungen von Muschenbröck soll sogar der Thau, welcher sich des Morgens an den Blättern, namentlich der niedrigen Kräuter sammelt, von einer in Tropfenform verdichteten Ausdünstung der Pflanzen herrühren, was jedoch wohl nur in einem sehr beschränkten Maße anzunehmen seyn dürfte. Eine auffallende Beobachtung einer Wasserausscheidung der Blätter hat Schmidt (prakt. Arzt in Stettin) an einer Pflanze des ägyptischen Arons (Arum Colocasia) angestellt und (Linnaea 1831, S. 65) bekannt gemacht: er sah hier die Wassertropfen aus zwei an der Spitze des Blattes (auf dessen oberen Fläche) übereinander stehenden, kleinen Oeffnungen hervortreten, welche er für die Mündungen zweier feinen Kanäle hält, die längs dem Rande auf jeder Seite des Blattes hinziehen und die auszuscheidende Flüssigkeit führen sollen. Er will sich durch die Einführung eines starken Haares in diese Oeffnungen von ihrem Zusammenhange mit jenen Kanälen überzeugt haben *). Besonders bemerkenswerth ist noch dabei, daß nur im Frühling das zuerst entwickelte, und im Herbste das zulezt vorhandene Blatt diese Ausscheidung von Wassertropfen zeigen, die etwa acht Tage anhält und dann, gegen das Ende sich allmälig vermindernd, völlig aufhört **).

---

*) Treviranus, welcher an der Blattspitze der genannten Pflanze keine Oeffnungen der angegebenen Art finden konnte, vermuthet dagegen (Physiologie d. Gew. I, S. 500), diese seyen zufällig gewesen und durch sie das Haar in eine von den großen Luftbohlen gebracht worden, die in einiger Entfernung vom Rande verlaufen. Wie dem auch sey, so bleibt doch die Thatsache der Ausscheidung erwiesen.

**) Diese Erscheinung läßt sich nach dem genannten Beobachter etwa auf folgende Weise erklären. Im Frühling, wo nur ein Blatt vorhanden und die Temperatur nicht übermäßig erhöht ist, bietet das einzige, jezt erst vorhandene Blatt, der nur in sehr feuchtem Boden gedeihenden Pflanze nicht genug Fläche für die Ausdünstung des überschüssigen Wassers dar, und zur Ausgleichung des dadurch entstehenden Mißverhältnisses treten dann jene Kanäle in Thätigkeit. Im Sommer, bei heißer und trockner Witterung, bei dem gleichzeitigen Grünen zweier Blätter, ist der Bedarf der Pflanze

Auch bei Blüthenständen und in Blüthen fehlt es nicht an Beispielen einer solchen Ausscheidung von Wasser. Bei dem wilden oder Zerumbet-Ingwer (*Zingiber Zerumbet Roscoe*), einer in den Wäldern Ostindiens und auf Java einheimischen Pflanze, aus der Familie der Scitamineen, sammelt sich, nach der Beobachtung von Treviranus, während der ganzen Blüthezeit zwischen den dachziegelig sich deckenden, vertieften Bracteen der Blüthenähre ein Innen am Grunde dieser schuppenförmigen Blättchen ausgesondertes, geruch- und geschmacklosses, fast chemisch reines Wasser an, welches durch einen Druck leicht zwischen den mit ihren Rändern fest aufeinander liegenden Schuppen hervortritt nnd sich während der Nacht zum größten Theil wieder ersezt, wenn man es am Abend ausgeleert hat. Bei der höckerigen Pfeilwurzel (Maranta gibba *Smith.*) wird reines geschmackloses Wasser in dem dreiblättrigen, röhrigen Kelche ausgeschieden, der sich bis zur Hälfte damit anfüllt.

Endlich sind hier noch die schon früher (I, S. 156) beschriebenen, aus den Blattstielen gebildeten Schläuche der Sarracenien (Fig. 263) und Kannenstauden (Nepenthes) (Fig. 264 u. 265) zu erwähnen, in welchen sich immer bald ein fast reines und geschmackloses, bald ein schwach säuerliches Wasser ansammelt, welches von der innern Wand der Schläuche ausgeschieden wird. Dieses Wasser verdünstet allmälig, wenn der Deckel des Schlauches offen ist, und wird (nach Rumph) während der Nacht wieder ersezt. Es nimmt (nach Graham's Beobachtung) nur den untern Theil des Schlauches ein, so weit derselbe bei Sarracenien mit zahlreichen Haaren, bei den Kannenstauden aber mit Drüsen besezt ist, die mit einem Loche versehen sind. Die ebenfalls bedeckelten Schläuche des in Neuholland auf Sumpfboden wachsenden Cephalotus follicularis sind

---

an Flüssigkeit größer, die Ausdünstung auf der Oberfläche der Blätter viel stärker und somit der Ueberschuß des Wassers so unbedeutend, daß ein Absatz desselben in die Randkanäle nicht nöthig ist. Daher bleibt zu dieser Zeit das Tröpfeln der Blattspitze aus. Zur Herbstzeit dagegen, wo wieder nur ein Blatt grünt und der verminderte Wärmegrad der Atmosphäre die Ausdünstung zu wenig befördert, tritt auch dasselbe Verhältniß, wie im Frühling, wieder ein.

gewöhnlich zur Hälfte mit einer wässerigen Flüssigkeit von mattsüßlichem Geschmack erfüllt, welche allem Anschein nach durch die Innenwand des Schlauches selbst abgesondert wird *). Auch die in Ostindien wachsende, von Wallich (Plant. asiat. rar. II, 35) beschriebene und abgebildete Dischidia Rafflesiana aus der Familie der Asclepiadeen, trägt solche wasserführende Schläuche, deren Wasser wohl nicht, wie Wallich meint, von Außen hineinkommt, sondern viel wahrscheinlicher eben so, wie bei den andern hier erwähnten Pflanzen, durch die Schläuche selbst ausgeschieden wird. Es findet bei der zulezt genannten Pflanze noch die eigene Erscheinung statt, daß zahlreiche, aus dem die Schläuche tragenden Sticle entspringende Würzelchen in das dieselben erfüllende Wasser hinabreichen.

Außerdem, daß die Ausdünstung der wässerigen Flüssigkeiten für das Pflanzenleben selbst von größter Wichtigkeit ist, indem dadurch das zur Ernährung untaugliche Wasser entfernt und überhaupt die Assimilation des Nahrungssaftes befördert wird, übt diese Ausscheidung der Wasserdünste auch noch einen mächtigen Einfluß auf die Umgebungen der Pflanzen aus. Da bei der Verdunstung von Flüssigkeiten jedesmal eine Bindung von Wärmestoff stattfindet, welcher den dieselben zunächst umgebenden Medien entzogen wird, so folgt ganz natürlich, daß mit der Ausdünstung der Pflanzen eine Verminderung nicht bloß ihrer eigenen Wärme, sondern auch der Temperatur der sie zunächst umgebenden Atmosphäre verbunden seyn müsse. Daher kommt es, daß lebende Pflanzen durch die Sonne nie so sehr

---

*) Merkwürdig ist, daß bei allen genannten Pflanzen das Wasser in den Schläuchen gewöhnlich todte Insekten enthält, die bei den Sarracenien zuweilen 2 bis 3 Zoll hoch den untern Theil des Schlauches erfüllen, durch welche dann auch die Beschaffenheit des ursprünglich ziemlich reinen Wassers verändert wird. Bei Sarracenia aduncа wird am Rande der Blattschläuche eine süße Materie abgesondert, welche die Insekten anlockt, die einmal in den Schlauch hinabgestiegen, durch die auf der Innenwand befindlichen abwärts gerichteten Haare am Hinaufsteigen verhindert werden und ertrinken müssen. In den Schläuchen von Nepenthes und Cephalotus ist dagegen die Ursache, welche den Tod der hineingefallenen Insekten herbeiführt, kaum einzusehen, indem hier nichts dieselben am Herauskriechen zu hindern scheint.

erwärmt werden als todte; daher rührt ferner die Frische und erquickende Kühlung, welche wir im Sommer unter dem Schatten der Bäume empfinden, und welche um so fühlbarer ist, je zahlreicher und dichter die Bäume beisammenstehen. Wenn wir diesen Einfluß auf die Temperatur der Atmosphäre in größerer Ausdehnung verfolgen, so werden wir erkennen, wie dadurch das physische Klima vieler Gegenden und selbst zum großen Theil der verschiedene Zustand der Erdoberfläche in Bezug auf deren Bewohnbarkeit bedingt wird. Gegenden, welche mit ausgedehnten Wäldern bedeckt sind, haben in der Regel ein rauheres Klima als ihnen nach der geographischen Lage und den sonstigen Ortsverhältnissen zukommen würde. Da sich ferner durch die Ausdünstung der Pflanzen auch die Feuchtigkeit in der Atmosphäre vermehrt, so wirkt diese Ausdünstung selbst auf die vorherrschende Witterung gewisser Gegenden mächtig ein. Je waldreicher eine Gegend ist, desto öfter regnet es. In waldigen Gebirgen erzeugen sich die meisten Nebel, Regenwolken und Gewitter, wie dieses namentlich in den hohen Alpen leicht beobachtet wird. Diesen Waldungen und Alpenmatten verdanken die größten Ströme ihren Ursprung, und so mögen wir hierin eine Andeutung der wichtigen Rolle erkennen, welche den Pflanzen schon vermöge ihrer Ausdünstung in dem großen Haushalte der Natur angewiesen ist, wobei uns zugleich die außerordentliche Wichtigkeit der Blätter, als der vorzüglichsten Organe der Ausdünstung, für das Pflanzenleben überhaupt einleuchten wird.

§. 173.

Während der mannichfaltigen Veränderungen und Zersetzungen, welche der Nahrungssaft bei seinem Aufsteigen und Verweilen in dem Zellgewebe erleidet, werden aber nicht bloß feste und tropfbarflüssige Stoffe gebildet oder abgeschieden, sondern es gehen auch mancherlei luftförmige (gasartige) Stoffe aus den während der Assimilation stattfindenden Zerlegungen und Verbindungen hervor. Die Behälter für diese verschiedenen Gasarten haben wir schon in den Luftgängen (§. 164) und aller Wahrscheinlichkeit nach in den Gefäßen (§. 165), so wie in den weiteren, dünnwändigen, punktirten Holzzellen der Zapfenbäume (§. 166) kennen gelernt, und das Vorkommen dieser

Behälter in der ganzen Länge der Pflanze, von den Wurzelzasern (nämlich nahe über deren Enden) an bis in die Blätter und Pistille hinauf, zeigt schon zur Genüge, daß von der ersten Aufnahme der Nahrungsflüssigkeit durch die Wurzeln, während des ganzen Assimilationsgeschäftes, bis zur Ausscheidung des Wasserüberschusses durch die Blätter und blattartigen Organe, zugleich ein Luftprozeß stattfinden müsse, welcher, da er niemals fehlt, als ein wesentlicher, zum Assimilationsprozesse selbst gehöriger Lebensakt erscheint.

Um uns einen Begriff über die Art und Weise dieses Luftprozesses bilden zu können, wird es am geeignetsten seyn, die Menge der in dem rohen, von den Wurzeln eingesogenen Safte enthaltenen, nicht metallischen Grundstoffe (§. 117) mit den Mengen der nämlichen Grundstoffe zu vergleichen, wie solche die in den Pflanzen bereits erzeugten organischen Verbindungen darbieten. Wenn wir, vorläufig alle übrigen Stoffe (organischen oder unorganischen Ursprungs) in der aus der Erde aufgenommenen Flüssigkeit außer Acht lassend, nur den völlig löslichen, mit dem rohen Safte in die Pflanze gelangenden Bestandtheil der Dammerde (§. 156), nämlich das Humusextract, im Auge behalten, so finden wir dieses in 100 Theilen zusammengesezt aus: 25,66 Kohlenstoff, 8,37, Wasser und 65,97 Sauerstoff*), oder 91,63 Kohlensäure und 8,37 Wasser.

Legen wir nun unserer Vergleichung die in dem vorigen

---

*) Dieses Mischungsverhältniß ist aus jenem des Moders durch Berechnung gefunden. Der Moder enthält nämlich (nach S. 144 in 100 Theilen: 58,0 Kohlenstoff, 2,1 Wasserstoff und 39,9 Sauerstoff. Da derselbe unter Einwirkung des Wassers, der Berührung mit der atmosphärischen Luft ausgesezt, der lezteren so vielen Sauerstoff entzieht als zur Verwandlung seines überschüssigen Kohlenstoffes in Kohlensäure nöthig ist, um in Humusextract überzugehen, so wird das lezrere (das Verhältniß des Kohlenstoffs zum Sauerstoff in der Kohlensäure = 1: 2,57 gesezt) in 100 Theilen die oben angegebenen Mengen der Grundstoffe enthalten müssen, vorausgesezt, daß die Menge des chemisch gebundenen Wassers dieselbe bleibt, wie in dem Moder. Dieser selbst würde aber, wenn man das Mischungsverhältniß des Wasserstoffs und Sauerstoffs, wie es im Wasser vorkommt (nämlich wie 1: 8) beachtet, in 100 Theilen enthalten: 58,00 Kohlenstoff, 18,90 Wasser und 23,10 Sauerstoff.

Kapitel mitgetheilten Analysen organischer Verbindungen zum Grunde, jedoch mit dem Unterschiede, daß wir den Wasserstoff und Sauerstoff nach dem Verhältnisse, nach welchem sie Wasser bilden, wirklich als solches annehmen, um den Ueberschuß an jedem dieser beiden Stoffe leichter wahrzunehmen, so erhalten wir, mit Auswahl der zu unserem Zwecke vorzugsweise dienlichen organischen Verbindungen, etwa folgende Reihe:

	Kohlenstoff.	Wasser.	überschüssiger Sauerstoff.	überschüssiger Wasserstoff.	
Humusextract	25,66	8,37	65,97	0	
Kleesäure	26,66	19,98	55,35	0	
Weinsäure	36,36	27,27	36,37	0	
Citronensäure	41,38	31,05	27,57	0	
Aepfelsäure	40,68	45,72	13,60	0	
Essigsäure	47,06	52,92	0,02	0	
Krümelzucker	36,36	63,63	0	0,01	
Mannazucker	40,13	59,06	0	0,81	
Gemeiner Zucker	41,48	57,90	0	0,62	*)
Gummi (Arabin)	43,81	55,80	0,25	0	
Stärkmehl (gewöhnl.)	44,25	55,25	0	0,51	**)
Pflanzenfaser (im Mittel)	51,93	47,59	0	0,49	
Leinöl	76,01	14,20	0	9,78	
Baumöl	77,21	10,59	0	12,19	
Mandelöl	77,40	12,18	0	10,13	
Wallnußöl	79,77	10,26	0	9,43	
Zimmtöl (aus Zeylon. Zimmt)	78,10	12,37	0	9,53	
Pfeffermünzöl	79,63	10,23	0	10,13	
Rosenöl	82,05	4,44	0	12,63	
Terpentinöl	87,51—88,43	0	0	11,35—11,56	
Citronenöl	87,93	0	0	11,57	
Kampfer	79,28	11,66	0	9,05	
Fichtenharz (Kolophonium)	79,28	11,66	0	9,05	
Harz der Wachholderbeeren	75,04	22,33	0	2,62	
Federharz	87,2	0	0	12,8	
Von den stickstoffhaltigen Verbindungen soll hier nur angeführt werden:					Stickstoff
Kleber	55,70	24,75	0	5,05	14,50

*) Diese Verhältnisse ergeben sich bei dem getrockneten krystallisirten oder Kandiszucker nach der Analyse von Berzelius. Sie weichen daher von der früher (S. 139) angegebenen Zusammensetzung ab, da diese aus einer Zerlegung des wasserleeren Zuckers entnommen ist.

**) Auch diese Angabe weicht von der früheren (S. 137) ab, weil jene

welchem sich hinsichtlich des Stickstoffgehaltes die vegetabilischen Salzbasen (S. 167) und die ihnen verwandten stickstoffhaltigen Verbindungen (S. 168) anreihen.

Schon der flüchtige Ueberblick dieser Tabelle läßt uns die mannigfach veränderten Mischungsverhältnisse der Grundstoffe in den verschiedenen organischen Verbindungen erkennen, woraus sich die Nothwendigkeit einer vielfachen Trennung und Wiedervereinigung dieser Grundstoffe in einem abgeänderten Maaße schon von selbst ergibt. Bei einer nähern Vergleichung bemerken wir, daß das im rohen Safte durch die Wurzeln aufgenommene Humusextract in seiner Mischung weniger Kohlenstoff und bei weitem mehr Sauerstoff enthält, als alle hier gegebenen und sonstigen in der Pflanze erzeugten organischen Verbindungen, so daß bei keiner dieser Verbindungen der überschüssige Sauerstoff ausreichen würde, um mit ihrem vermehrten Kohlenstoffe Kohlensäure zu bilden, wie dieses allein beim Humusextracte der Fall ist. Wir sehen im Gegentheil schon von der Benzoesäure an, durch die ganze Reihe, mit einer einzigen Ausnahme (des Gummi), den Ueberschuß an Sauerstoff ganz verschwinden, indem sich die Kohlenstoffmengen durchweg vermehren, — und dieses zeigt uns ganz klar, daß überall zur Herstellung dieser verschiedenen Verbindungen ein größerer oder geringerer Antheil Sauerstoff aus dem Nahrungssafte frei und abgeschieden werden müsse; da derselbe aber nicht in dem das Zellgewebe durchströmenden Safte bleiben kann, ohne dessen Kommunikation allweges zu hemmen, so muß er in eigene Behälter ausgeschieden werden, und das sind die Lufthöhlen im Zellgewebe und die Gefäße.

Die meisten der in unserer Tabelle aufgeführten Verbindungen, nämlich alle, welchen der überschüssige Sauerstoff fehlt, enthalten dafür einen Ueberschuß an Wasserstoff, der nur aus zersetztem Wasser herrühren kann, dessen frei gewordener Sauerstoff ebenfalls ausgeschieden werden und so die Menge des bereits in die Lufthöhlen und Gefäße übergegangenen vermehren muß.

Auch atmosphärische Luft wird, nicht bloß in dem Wasser des rohen Saftes aufgelöst, sondern auch durch die Blätter

---

nach der Berechnung, diese aber nach der wirklichen Analyse des getrockneten Stärkmehls gemacht ist.

(wie Versuche darthun) eingeschluckt; diese Luft wird entweder unverändert in die Lufthöhlen und Gefäße ausgeschieden, oder ebenfalls zersezt, indem der Stickstoff derselben in manchen der erzeugten Verbindungen, wie im Kleber und in den vegetabilischen Salzbasen zurückbehalten, ihr Sauerstoff aber frei und gleichfalls in die luftführenden Räume ausgeschieden wird*).

Damit haben wir nun eine dreifache Quelle kennen gelernt, aus welcher hauptsächlich der gasförmige Inhalt der Lufthöhlen und Gefäße geschöpft wird. Diese luftführenden Räume ziehen sich, wie uns bekannt, durch die ganze Pflanze, und es können daher die in ihnen enthaltenen Gasarten leicht bis zu den Lufthöhlen unter den Spaltöffnungen oder überhaupt bis zur Oberfläche gelangen, wo sie, wie die überflüssigen Wasserdünste, in die Atmosphäre ausgeschieden werden. Daß aber wirklich eine ununterbrochene Ausscheidung von Gasarten bei den lebenden Pflanzen stattfindet, haben zahlreiche Versuche gelehrt. Die grünen Blätter und überhaupt die grünen Oberflächen der Pflanzen hauchen im Tageslichte, besonders aber im unmittelbaren Sonnenschein eine Luft aus, welche immer viel mehr Sauerstoff als die atmosphärische Luft enthält. Obgleich noch keine Analyse des grünen Farbmehls (§. 133) bekannt ist, so läßt sich doch schon, nach den (S. 153) mitgetheilten Mischungsverhältnissen der Grundstoffe aus einigen andern herzigen Farbstoffen, mit ziemlicher Gewißheit annehmen, daß in dem Blattgrün ebenfalls der Kohlenstoff bei weitem vorwiegend und aller Ueberschuß an Sauerstoff verschwunden seyn werde, so daß auch in den Blättern und grünen Pflanzentheilen die Bildung des ihre grüne Farbe bedingenden Farbmehls, wie bei allen übrigen organischen Verbindungen, von einer Bindung von Kohlenstoff und einer entsprechenden Ausscheidung von Sauerstoff abhängig ist. Nur gesunde Pflan-

---

*) Doch kann der in den organischen Verbindungen vorkommende Stickstoff zum Theil auch von zersetztem Ammoniak herrühren, welches (nach S. 207) häufig in dem rohen Safte aufgelöst vorkommt, und (S. 126) aus Stickstoff und Wasserstoff besteht. Der lezlere wird jedoch, wie wir weiter unten sehen werden, nur bei gewissen Zellenpflanzen, namentlich bei Pilzen, wirklich als solcher ausgeschieden und scheint in den übrigen Fällen stets mit einem bestimmten Theil des ausgeschiedenen Sauerstoffes zusammenzutreten und in Verbindung mit diesem als Wasser zu entweichen.

zen hauchen unter den angegebenen Umständen Sauerstoff aus; daß aber auch ein Theil der durch die Wurzeln und Blätter aufgenommenen atmosphärischen Luft ausgeschieden werde, geht schon aus dem kurz vorhin in dieser Beziehung Bemerkten hervor, und aus den Versuchen, welche Burnett mit frischen, grünen Blättern anstellte, die er mit atmosphärischer Luft und ein wenig Wasser in verstöpselte Flaschen einschloß, ergab sich, daß diese Blätter im Tageslichte und im Sonnenschein, neben dem Sauerstoffe, auch eine geringe Menge Kohlensäure ausgeschieden hatten. Dadurch wird es wahrscheinlich gemacht, daß die Pflanzen mit der ausgehauchten, sauerstoffreichen Luft auch einen kleinen Theil unzersezter Kohlensäure von sich geben können, gerade so, wie das von ihnen ausgedünstete Wasser auch wohl eine geringe Beimischung von organischen oder unorganischen Stoffen zeigt. Kränkelnde oder welkende Pflanzen hauchen dagegen im Sonnenscheine keinen Sauerstoff, sondern nur Kohlensäure aus, was leicht erklärlich ist, wenn man bedenkt, daß in solchen Pflanzen der Assimilationsprozeß nicht gehörig von Statten gehen kann und demnach die mit dem rohen Safte aufgenommene Kohlensäure zum größten Theil unzersezt wieder ausgeschieden wird.

Während der Nacht und überhaupt im Finstern geben aber auch die grünen Blätter und sonstigen grünen Theile von gesunden Pflanzen keinen Sauerstoff, sondern Kohlensäure aus. Den Grund hievon hat man schon auf sehr verschiedene Weise zu erklären versucht, und es würde uns zu weit führen, wenn hier die mancherlei Ansichten der Schriftsteller alle angegeben werden sollten. Die Sache würde, wenn man sich bloß an die Ausscheidung der Kohlensäure halten wollte, am einfachsten vielleicht auf folgende Weise zu erklären seyn. Da überhaupt die Lebensverrichtungen der Pflanze bei Tage und namentlich im Sonnenschein erhöht, im Finstern aber und bei Nacht herabgestimmt sind, so wird sich, wie schon die verminderte Ausdünstung eine geringere Thätigkeit in dem Assimilationsgeschäfte überhaupt anzeigt, diese herabgestimmte Lebensäußerung auch auf die Ausscheidung der gasartigen Bestandtheile des Nahrungssaftes erstrecken, und es wird somit die in demselben enthaltene Kohlensäure ebenfalls nur in geringer Menge zersezt, zum größten Theil in die luftführenden Räume abgeschieden und durch die

Oberfläche ausgeschieden werden *). Die Einsaugung durch die Wurzeln geht nämlich auch des Nachts, obgleich in vermindertem Grade vor sich, so daß dadurch schon eine Quelle für die auszuhauchende Kohlensäure gegeben ist, wofür auch noch die durch Versuche ermittelte Thatsache spricht, daß die Menge der die Nacht hindurch ausgeschiedenen Kohlensäure stets geringer ist als des den Tag über ausgehauchten Sauerstoffs.

Nun ist aber auch durch Versuche von Saussure, Grischow, Treviranus u. a. dargethan, daß frische, gesunde Blätter, während der Nacht und im Finstern mit atmosphärischer Luft (oder Sauerstoffgas) eingeschlossen, zuerst eine gewisse Menge von dem Sauerstoffe des Luftraumes verschlucken und dadurch eine Luftverminderung verursachen, bevor sie ihre Kohlensäure entbinden, mit welcher dann (nach Grischow) auch Stickstoff ausgehaucht wird. Wenn dieses Verhalten der Blätter gegen die atmosphärische Luft auch, wie es wohl nicht anders anzunehmen ist, im Freien und bei der unversehrten Pflanze stattfindet, so würde die oben gegebene Erklärung freilich noch nicht ausreichen, da sie über die eben erwähnte Erscheinung keinen Aufschluß gibt. Dieser möchte daher auf folgende Weise zu geben seyn.

Da die Lebensthätigkeit in den Pflanzen nicht immer bei den einmal gebildeten Verbindungen stehen bleibt, sondern häufig, wie uns die Beobachtung bei der Fruchtreife, beim Keimen und bei vielen andern Lebenserscheinungen lehrt, auch eine Verbindung wieder in die andere (z. B. Stärkmehl in Zucker) umgewandelt wird, so läßt sich annehmen, daß dabei auch wieder gewisse Grundstoffe frei und von der Pflanze ausgeschieden werden. Wir werden daher auch die bemerkte Erscheinung zu erklären haben aus der verschiedenen Umbildung der in den Pflanzen

---

*) Daraus wäre dann auch erklärlich, warum Focke bei seinen (§. 25) erwähnten Versuchen am frühen Morgen in den Gefäßen des Kürbisstengels eine bedeutende Menge Kohlensäure gefunden hat, die wohl nur von der nächtlichen Ausscheidung herrühren konnte. Es wäre von hohem Interesse, die Versuche über die Natur der zu verschiedenen Tageszeiten in den Luftgängen und Gefäßen enthaltenen Gasarten zu wiederhohlen, da sie uns sicherlich den Schlüssel zur Erklärung mancher bis jezt noch so schwer erklärbaren Phänomene bei dem Assimilationsprozesse bieten würden.

schon dargestellten Verbindungen, die gerade dann vorzüglich stattzufinden scheint, wenn die Einsaugung geringer ist, wobei dann die kohlenstoffreichen Verbindungen einen Theil ihres Kohlenstoffs abgeben, der als fester Körper für sich nicht entweichen kann, sondern sich erst mit dem aus der Atmosphäre eingeschluckten Sauerstoffe vereinigen muß, um als Kohlensäure in luftförmigem Zustande ausgehaucht zu werden. Es frägt sich nun, ob die durch solche Umbildungen erzeugte Kohlensäure die ganze Menge der während der Nacht ausgehauchten bilde? Bei den in obigen Versuchen angewendeten Blättern ist dieses ohne Zweifel der Fall; aber bei der unversehrten, in ihrem Boden wurzelnden Pflanze wird es sich anders verhalten, und es muß hier wohl die Kohlensäure der während der Nacht aus dem Boden eingesogenen Nahrungsflüssigkeit zu der vermittelst des eingeschluckten Sauerstoffs erzeugten hinzukommen, woraus sich also eine doppelte Quelle für die während der Nacht ausgehauchte Kohlensäure ergibt. Die oben bemerkte, gleichzeitige Ausscheidung von Stickstoff erklärt sich leicht daraus, daß von den Blättern neben dem Sauerstoff auch unveränderte atmosphärische Luft eingeschluckt wird, von welcher die Pflanze dann nur den Sauerstoff zurückbehält und den Stickstoff wieder entweichen läßt *).

So findet nach den verschiedenen Tageszeiten ein steter Wechsel in den ausgehauchten Luftarten statt, und die Natur der letztern richtet sich ganz nach dem Daseyn oder dem Mangel des Lichtes. Auch die Menge des am Tage ausgeschiedenen Sauerstoffes ist

---

*) Daß während der nächtlichen Ausscheidung von Kohlensäure, durch die Entziehung von Kohlenstoff, in den organischen Verbindungen mancher Pflanzen wieder ein Ueberschuß an Sauerstoff entstehen und diese dadurch eine saure Beschaffenheit annehmen können, ohne daß gerade die absolute Menge ihres Sauerstoffes vermehrt wird, beweist unter andern die gefiederte Verea (Verea pinnata), deren Blätter am Mittag geschmacklos sind, gegen Abend fast bitterlich schmecken und des Morgens einen sauren Geschmack besitzen, der am Tage, wenn die Pflanze im Sonnenschein steht und also Sauerstoff entbindet, sich wieder verliert, im starken Schatten aber und im Finstern sich erhält. Dieselbe Erfahrung machte Link auch an vielen andern Fettpflanzen, deren Säfte jedoch gewöhnlich schwach säuerlich sind und nur während der Nacht einen noch stärker sauren Geschmack annehmen.

durch die Stärke des Lichtes bedingt, während ein höherer oder geringerer Wärmegrad wenig oder keinen Einfluß darauf zu haben scheint. Daher ist die Aushauchung des Sauerstoffgases am lebhaftesten im direkten Sonnenschein. Bei bedecktem Himmel und im Schatten geben die Pflanzen zwar allerdings auch Sauerstoff von sich, aber stets in geringerer Menge als im Sonnenschein. Indessen ist die Stärke der Aushauchung verschieden nach der verschiedenen Natur der Pflanzen, und eben so ändert die Menge des Sauerstoffs, welche die Blätter im Dunkeln einschlucken, nach den verschiedenen Pflanzen ab. Theod. de Saussure hat aus seinen zahlreichen Versuchen ersehen, daß im Allgemeinen die blattwechselnden Bäume und Sträucher mehr Sauerstoff als die immergrünen und die krautigen Landpflanzen, diese wieder mehr als die Sumpf- und Wasserpflanzen, am wenigsten aber die Fettpflanzen einschlucken. Doch gibt es so mancherlei äußere und innere Ursachen, welche auf die Einnahme und Ausscheidung der gasartigen Stoffe ändernd einwirken, daß sich schwer eine bestimmte Regel angeben läßt. So kann man z. B. wahrnehmen, daß ein und dasselbe Blatt in seinen verschiedenen Lebensepochen nicht die gleiche Menge Sauerstoff einschluckt. Nach Saussure schlucken die jüngern Blätter mehr von diesem Gas ein als die ältern; beim Pfirsichbaum fand er, daß dessen Blätter im Juni das 6,60fache ihres Volumens einsogen, im September aber nur das 4,40fache. Wie nothwendig aber der regelmäßige Wechsel der Aushauchung für das Gedeihen und die Gesundheit der Gewächse im Allgemeinen sey, beweisen die ihrer Natur nach grünen Pflanzen, wenn sie im Finstern wachsen, wo sie, nie von der Sonne beschienen, keinen Sauerstoff ausgeben können. Dieser bleibt dann im Ueberschusse vorhanden und die Abscheidung des Kohlenstoffes aus der Kohlensäure des Nahrungssaftes, wodurch allein die feste Masse des Gewebes vermehrt und die Bildung des grünen Farbmehls möglich wird, kann nicht vor sich gehen, wozu noch eine sehr verminderte Ausdünstung der wässerigen Bestandtheile kommt, so daß solche Pflanzen stets eine bleiche Farbe und wässerige Konsistenz zeigen. Wenn man dieselben einem allmälig verstärkten Lichteinflusse aussezt, so kann man wohl eine grüne Farbe und größere Festigkeit ihres Ge-

webes hervorrufen; aber eine zu starke Einwirkung des Lichtes kann auch durch Ueberreizung für solche Bleichlinge nachtheilige Folgen haben. De Candolle sah im Finstern verbleichte Pflanzen auch in einem verstärkten Lampenlichte grün werden.

Bisher haben wir den Luftprozeß nur bei den Gefäßpflanzen verfolgt, und es bleibt uns noch in dieser Beziehung auch einen Blick auf die Zellenpflanzen zu werfen übrig. Da bei diesen, so gut wie bei jenen, eine Aufnahme von kohlensäurehaltiger Nahrungsflüssigkeit Statt hat, so müssen sie auch mit der Fähigkeit, luftartige Stoffe auszuhauchen, begabt seyn, wobei jedoch der Unterschied eintritt, daß ihnen von den luftführenden, zur Ansammlung der Gasarten im Innern des Gewebes bestimmten Räumen die Gefäße immer, die Luftgänge aber größtentheils fehlen. Wir sehen daher bei den grünen Zellenpflanzen, wie bei den Charen, Moosen Lebermoosen und bei einer großen Zahl der Algen, die ganze Pflanze oder deren Blätter so gebaut, daß ihre Zellen so ziemlich alle mit der Luft oder doch mit dem Lichte in Berührung kommen, und so unmittelbar die ausgeschiedenen Gasarten nach Außen entweichen können. Bei den größern Lebermoosen mit dickem Laube, nämlich bei den Marchantieen, werden aber auch schon deutliche Luftgänge, welche die Mitte des Laubes der Länge nach durchziehen, wahrgenommen, und bei den im Wasser wachsenden Pflanzen dieser Familie, wie bei Riccia natans und R. fluitans, sind eine Menge Lufthöhlen in dem Zellgewebe enthalten. Bei allen diesen grünen Zellenpflanzen zeigen die damit angestellten Versuche, daß sie sich wie die grünen Blätter der Gefäßpflanzen gegen die Atmosphäre verhalten, also im Sonnenlichte Sauerstoff, im Finstern aber Kohlensäure ausgeben. Grüne Wasseralgen, wie Konferven und Ulven, können sich sogar in Folge einer vermehrten Luftausscheidung vom Grunde des Wassers an dessen Oberfläche erheben. Anders verhält es sich dagegen bei dem größten Theile der nicht grünen Zellenpflanzen. Manche anders gefärbte, namentlich rothe Meerwasser-Algen hauchen zwar noch Sauerstoff aus, und De Candolle fand die von der purpurrothen Ulve (Ulva purpurea) entbundene Luft ohngefähr $\frac{3}{5}$ Sauerstoffgas enthaltend; aber die Flechten geben (nach Grischow u. v. Humboldt) im Sonnenlichte

kein Sauerstoffgas, sondern Kohlensäure und Stickstoff von sich, und die Pilze hauchen (nach den Beobachtungen des leztern, so wie De Candolle's und Marcet's) Wasserstoff- und Stickstoffgas aus, und zwar sowohl im Sonnenschein als im Dunkeln; nur liefern sie im lezten Falle weniger und dabei eine an Wasserstoff ärmere Luft. Diese Erscheinungen deuten auf einen eigenthümlichen, von dem der grünen Pflanzen verschiedenen Gang des Assimilationsprozesses hin, welcher aber bis jezt noch nicht näher erforscht ist.

An die gefärbten Zellenpflanzen schließen sich hinsichtlich des veränderten Luftprozesses auch die phanerogamischen, nicht grünen Schmarotzerpflanzen (die Ohnblatt- (Monotropa), Schuppenwurz- (Lathraea), Sommerwurz-Arten (Orobanche), die Flachsseiden (Cuscuta) u. s. w. an, bei welchen ebenfalls keine Ausscheidung von Sauerstoff im Sonnenlichte wahrgenommen wird, so wie uns überhaupt über den Luftprozeß während des Assimilationsgeschäftes bei diesen Pflanzen noch die nähere Aufklärung gebricht. Der Mangel der Luftgänge, so wie die geringe Anzahl und die Kleinheit ihrer Gefäße könnten zu dem Schlusse veranlassen, daß bei denselben im Allgemeinen nur eine geringe Ausscheidung von Gasarten stattfindet, wie dann diese Gewächse überhaupt ohne die Hülfe der Pflanzen, welchen sie aufsitzen, nicht bestehen können.

Endlich gehören noch die nicht grünen Theile der mit grünen Blättern oder Stengeln versehenen Gefäßpflanzen hierher, wie die Wurzeln, das Holz, die nicht grüne Rinde, die Blumenblätter, nebst den gefärbten Blüthenhüllen und die reifen Früchte. Nur bei der rothen Spielart der Gartenmelde (Atriplex hortensis), und wahrscheinlich auch bei der Rothrübe (Beta vulgaris var.) und den rothblättrigen Amaranthen, entwickeln die Blätter im Sonnenschein eine beträchtliche Menge Sauerstoffgas. Von allen übrigen nicht grün gefärbten Theilen wird, ohne Unterschied bei Tag und bei Nacht, Kohlensäure, zum Theil (namentlich bei den Blumen) mit Stickstoffgas vermengt, ausgehaucht und Sauerstoffgas aus der Atmosphäre verschluckt. Daraus ergibt sich eines Theils die nachtheilige Wirkung, welche die in verschlossenen Räumen in größern Mengen befindlichen Blumen und reifen Früchte auf das Wohlbefinden

der daselbst längere Zeit verweilenden Menschen und Thiere äussern, die noch dadurch vermehrt wird, wenn diese Pflanzentheile besonders starkriechend sind. Im Herbste, wenn vor dem Abfallen die Färbung der Blätter eintritt, entwickeln diese ebenfalls kein Sauerstoffgas mehr im Sonnenlichte.

Wie wir bei der wässerigen Ausscheidung an manchen Pflanzen die ausgedünstete Flüssigkeit sich in besondern Behältern ansammeln sehen, so kommt auch bei gewissen Wasserpflanzen eine Ansammlung von Luft in eigenen, an deren Oberfläche befindlichen Blasen vor. Dergleichen finden sich bei Wasserschlaucharten (Utricularia) und bei der blasigen Aldrovande (Aldrovanda vesiculosa) zwischen den feinen Abschnitten der untergetauchten Blätter, wo sie (nach Treviranus) bei den erstern mit einer nicht vollkommen schließenden Klappe versehen, bei der leztern aber durch zwei halbrunde Hälften gebildet sind, welche, ihre vertieften Flächen gegeneinander kehrend, mit ihren Rändern auf einander liegen*). Häufig ist ferner das Vorkommen solcher Luftblasen bei den Tangalgen (bei den Gattungen **Fucus**, **Sargassum**, **Macrocystis**, **Cystoseira**), wo sie bald sitzend oder der Lagersubstanz eingesenkt, bald gestielt und zuweilen (wie bei der leztgenannten Gattung) sogar in Fächer abgetheilt sind. In allen genannten Fällen scheinen die mit solcher ausgeschiedenen Luft erfüllten Blasen, außer ihrer Funktion als Luftbehälter, die Bestimmung zu haben, die damit versehenen Pflanzen zu gewissen Zeiten an der Oberfläche des Wassers zu erhalten.

Wenn wir das über den Luftprozeß der grünen Pflanzen Vorgetragene gehörig erwogen haben, so kann es uns nicht entgehen, daß die bei Tage stattfindenden Erscheinungen von den des Nachts eintretenden sehr abweichend sind, und daß dieselben die Resultate zweier verschiedenen Funktionen seyn müssen. Die Aushauchung des Sauerstoffs am Tage ist nicht, wie dieß ge-

*) Bei Utricularia ist jedoch zu bemerken, daß ihre Schläuche nur während der Blüthezeit mit Luft erfüllt sind, wodurch es der Pflanze möglich wird, sich an die Oberfläche des Wassers zu erheben. Vor und nach dem Blühen enthalten dagegen diese Schläuche eine schleimige oder gallertartige Materie und die Pflanze ist dann untergetaucht.

wöhnlich geschieht, mit dem Athmen der Thiere zu vergleichen, da die Pflanze dazu keine Luft aus der Atmosphäre einnimmt, sondern sie gehört, so gut wie die Ausdünstung, der Verdauung an, und beide sind daher vielmehr als eine durch diese bedingte Exeretion zu betrachten. Dagegen ist die nächtliche Aushauchung der Kohlensäure weit eher dem thierischen Athmungsprozesse vergleichbar, weil dabei Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft (wie bei den Thieren) absorbirt und, mit dem Kohlenstoff verbunden, als Kohlensäure wieder ausgegeben wird. Demnach würden sich die Pflanzen, hinsichtlich der Respiration, den Thieren ziemlich ähnlich, hinsichtlich der Verdauung aber von den leztern sehr verschieden verhalten, wie es schon nach der gänzlichen Verschiedenheit der Nahrungsstoffe sich nicht anders erwarten ließ.

Da die Pflanzen selbst immer wieder einen großen Theil der von ihnen ausgehauchten Luftarten verbrauchen, indem sie nicht nur während der Nacht Sauerstoff einschlucken, sondern auch eine bedeutende Menge des leztern zur vermehrten Kohlensäurebildung des aus dem Moder sich erzeugenden Humusextraktes, als der wesentlichsten Nahrungsquelle der Pflanze, nöthig ist, so kann man nicht annehmen, wie dieß von manchen Schriftstellern geschehen ist, daß die Pflanzen im Allgemeinen durch die Ausscheidung von Sauerstoff am Tage die Luft verbessern, so wie, da auch die nächtlich ausgehauchte Kohlensäure wieder in den von den Wurzeln eingesogenen Saft übergeht, daß sie durch diese nächtliche Aushauchung die Luft verderben. Es ist vielmehr durch diese beiden Verrichtungen ein steter Kreislauf gegeben; es wird durch sie keineswegs das Gleichgewicht in der Atmosphäre aufgehoben, und an den mit Pflanzen bewachsenen Orten lassen die eudiometrischen Untersuchungen kein verändertes Mischungsverhältniß der atmosphärischen Luft erkennen. Dieses wird auch durch die Versuche erwiesen, die von mehreren Beobachtern mit grünen Blättern und Zweigen in eingeschlossener atmosphärischer Luft angestellt wurden, und welche alle das gleiche Resultat gaben, daß nämlich eine gesunde Pflanze so viel Sauerstoffgas, als sie während der Nacht absorbirt, auch wieder im Sonnenlichte ausscheidet und um so viel, als sie ihre Atmosphäre während der Nacht vermindert, diese am Tage wieder vermehrt. Es kann daher, wenn wir unsere ganze Atmosphäre im Auge behal-

ten, die Wirkung der Pflanzen auf dieselbe, in Ausscheidung sowohl von Sauerstoffgas als von Kohlensäure, kaum in Anschlag gebracht werden. In Bezug auf das Pflanzenleben selbst aber erscheinen auch bei den hier beschriebenen luftförmigen Ausscheidungen die Blätter wieder als die wichtigsten Organe.

§. 174.

In den Blättern geschieht also hauptsächlich die Ausscheidung des überflüssigen Wassers und der zur Ernährung zeitweise untauglichen Gasarten und dadurch die weitere Zubereitung des Nahrungssaftes, während beständig neuer Saft, eben so während seines Aufsteigens schon theilweise verändert, nachfolgt. Es muß nun von den Blättern aus wieder ein Zurückfließen, ein Absteigen des so weit veränderten Saftes bis zu den Wurzeln eintreten, da diese ja auch ernährt werden müssen, aber wegen des Mangels an ausscheidenden Organen ihren Nahrungssaft sich nicht selbst bereiten können. In den Zellenpflanzen, welche ihre Nahrung durch die ganze Oberfläche aufnehmen, wo also eine mehr gleichförmige Verarbeitung der Nahrungsflüssigkeit durch die ganze Zellsubstanz gegeben ist, kann vielleicht ein bestimmtes Auf- und Zurückfließen des Saftes nicht angenommen werden, während jedoch in jenen, welche ihre Nahrung ausschließlich aus ihrem Boden einzusaugen scheinen, und dabei durch ihre Oberfläche ausdünsten und aushauchen, wie die Hautpilze, schon ein Zurückfließen des an der Oberfläche von seinen überflüssigen Bestandtheilen befreiten Saftes stattfinden wird. Bei den Gefäßpflanzen dagegen, welche mit einsaugenden Wurzeln und ausscheidenden Blättern oder blattartigen Theilen versehen sind, muß auch ohne Ausnahme eine doppelte, nämlich eine auf- und absteigende Bewegung des Saftes vorhanden seyn. Da aber in dem Stamme der kryptogamischen Gefäßpflanzen (§. 104) und der Monokotyledoneen (§. 105) noch nicht die deutliche ringförmige Begrenzung der organischen Systeme, wie bei den Dikotyledoneen (§. 106) gegeben ist, so läßt sich auch bei den erstern die Gegenwart dieser entgegengesezten Säftebewegung nicht so durch unmittelbare Beobachtung und Versuche nachweisen, weil dieselbe mehr gleichmäßig durch die ganze saftführende Zellenmasse vertheilt ist. Auch in dem krautigen Dikotyledoneen-Stamme, in welchem die Gefäß- und Bastbündel meist

noch nicht jene geschlossenen und scharf begrenzten Kreise bilden, werden diese verschiedenen Bewegungen noch mehr ineinander verfließen, so daß durch direkte Beobachtung kein Aufschluß zu erwarten ist. In allen diesen Fällen läßt uns jedoch der Umstand, daß der aus dem Boden eingesogene Saft, wie wir schon gesehen, gleich nach seiner Aufnahme in der Pflanze bedeutend verändert gefunden wird, auf eine Vermischung mit einem schon zubereiteten Safte schließen, der von oben herabkommt. Bei den dikotyledonischen Bäumen und Sträuchern dagegen treten noch verschiedene Erscheinungen auf, welche alle Zweifel über diesen Gegegenstand heben.

Bei diesen, wo Holz, Bast und Rinde immer deutlich von einander unterschieden sind, läßt es sich durch Versuche nachweisen, daß das Aufsteigen des Saftes vorzüglich im Holze, das Absteigen aber im Bast und in der Rinde geschehe. Wenn man um einen Stamm oder Ast ein festes Band legt, so bildet sich nach einiger Zeit über dem Bande ein deutlicher, rundherum gehender Wulst. Wird ferner, statt des Bandes, ein ringförmiges Stück der Rinde bis auf den Splint herausgeschnitten, so sieht man nach kurzer Zeit am obern Rand der Wunde einen Wulst entstehen, welcher allmälig zunimmt und sich, von oben nach unten wachsend, wenn der ausgeschnittene Ring nur schmal war, endlich an den untern Wundrand anschließt und so die Verbindung der Rinde wieder herstellt. Der untere Rand der Wunde läßt dabei keine oder doch nur eine unbedeutende Entwickelung von neuer Rindensubstanz erkennen. Dabei haben mehrfache Erfahrungen gezeigt, daß die geringelten Aeste oberhalb der entrindeten Stellen mehr an Umfang zunehmen als unter denselben und daß, außer dieser stärkeren Verdickung, das Holz des Astes über dem Ringschnitte auch ein größeres spezifisches Gewicht erhält. Aus Allem diesem ergibt sich ziemlich deutlich der Beweis, daß der Saft, welcher den Stoff zur Vernarbung der Wunde liefert, von oben herab kommt, und daß derselbe, da er durch den Ringschnitt abgehalten wird, über die entrindete Stelle herab zu steigen, in der Rinde selbst fließen muß, wo er nun im obern Theile des Astes zurückgehalten, zu einer reichlichern Ernährung und einer vermehrten Holzbildung verwendet wird. Aus derselben Ursache tragen solche geringelten Aeste auch reichlicher Blüthen

und Früchte, belauben sich früher im Jahre, werfen jedoch auch früher ihre Blätter wieder ab. Wenn aber die Zunahme der Masse und Festigkeit des Holzes durch die zurückgehaltene Menge des absteigenden Saftes der Rinde in dem obern Theile geringelter Aeste bedingt ist, so kann nicht bezweifelt werden, daß dieser absteigende Saft überhaupt dazu diene, den Umfang der Pflanzen zu vermehren, und daß dieses nicht bloß bei Bäumen und Sträuchern, sondern auch bei den übrigen Gefäßpflanzen der Fall seyn werde, obgleich bei diesen der Ort, wo derselbe absteigt, nicht so bestimmt nachgewiesen werden kann.

Bei dem Versuche mit dem Ringschnitte ist jedoch wohl zu merken, daß derselbe nur dann glückt, wenn über dem Schnitte noch Blätter oder Knospen befindlich sind, weil ein absteigender Nahrungs- und Bildungssaft nur aus dem im Holze aufsteigenden, in den Blättern weiter assimilirten Safte erzeugt werden kann, der dann aus diesen zurückfließt und, wie die eben erwähnten Versuche lehren, in der Rinde (zum größten Theil wenigstens) herabgeleitet wird. Dieses Herabsteigen des Saftes kann übrigens nicht durch seine eigene Schwere bedingt seyn; denn an gewaltsam zurückgebogenen und in dieser Lage festgehaltenen Zweigen bildet sich bei der Unterbindung oder dem Ringschnitte der Wulst ebenfalls auf dem gegen den Zweiggipfel liegenden Rande des Bandes oder der Wunde. Das Nämliche beweisen die hängenden Zweige der Birken, der Trauerweiden u. a. m., welche eben so gut, wie die aufrechten Aeste, durch den aus den Blättern zurückfließenden Saft Nahrung und Wachsthum erhalten, obgleich hier die Bewegung des Rindensaftes nur in einer der Schwere entgegengesezten Richtung geschehen kann. Es muß daher auch die Bewegung des absteigenden Saftes, wie die des aufsteigenden, durch eine vom Leben abhängige Kontraktilität der Zellenmembranen veranlaßt werden.

Aus dem Umstande, daß jedesmal über der entrindeten Stelle Blätter oder Knospen vorhanden seyn müssen, wenn die Versuche gelingen sollen, erklärt es sich auch, warum ein Rindenstück abstirbt, welches von dem übrigen Rindenkörper isolirt ist und keine Blätter treibt, während isolirte Rindenstücke, welche Knospen haben, am Leben bleiben und bald einen Rindenwulst am Rande erhalten; warum ferner ein ganz abgelöstes Rinden-

ſtück mit daran befindlichen Knoſpen wieder anwächst (worauf ſich ſelbſt die Impfung mit Rindenröhren und das Okuliren gründet), während ein abgelöstes Rindenſtück ohne Knoſpen nicht wieder anwachſen kann. Die iſolirten Rindenſtücke können nur durch die aus ihren Knoſpen ſich entfaltenden Blätter ihren Nahrungs- und Bildungsſaft erhalten. Wenn man von einem Baume dicht über dem Boden zur Schälzeit rund herum einen gehörig breiten Rindenſtreifen ablöst und dabei auch noch das Holz rein abtrocknet, damit die Rinde nicht wieder wächst, welche eine Verbindung der Rinde der Wurzel und des Stammes bewerkſtelligen kann, ſo ſtirbt (nach Schultz) der Baum ab, wenn aus der Wurzel keine neuen Schöſſe mit Blättern treiben; aber er ſtirbt nicht, wenn dieß der Fall iſt. Hier ſteht nämlich die Rinde der Wurzel mit den Blättern der jungen Triebe in Verbindung und wird durch den aus dieſen zurückfließenden Saft ernährt. Dagegen kann im erſten Falle die Wurzel ihr Leben, aus Mangel an nährendem Rindenſafte, nicht fortſetzen; ſie ſtirbt ab und weil ſie dann keine Nahrung für die obern Theile mehr einſaugt, auch der ganze Baum.

Auf die Art, wie der zubereitete Nahrungsſaft aus den Blättern in den Rindenkörper herabgeführt wird und ſich ſo durch die Rinde des ganzen Baumes verbreitet, gründet ſich die ſehr alte praktiſche Methode, durch den ſogenannten Ringelſchnitt oder Zauberring die Obſtbäume fruchtbar zu machen. Die Bauern in der Provence und in Languedoc haben es ſchon ſehr lange im Gebrauch, ihre Oelbäume in der Abſicht, ſich Oliven von vorzüglicher Güte zu verſchaffen, durch Wegnahme eines vier Finger breiten Rindenringes von den Aeſten, zu einer beſondern Fruchtbarkeit zu erregen. Dieſer Ringelſchnitt läßt ſich mit demſelben Erfolg auch bei andern Obſtbäumen und vorzüglich auch beim Weinſtock mit Vortheil anwenden. Wenn man an einer Rebe zur Zeit, wo der Saft aufſteigt, einen Ringbis aufs Holz hinwegnimmt, ſo werden eine größere Menge Blüthen hervorgebracht; wird aber dieſe Operation erſt vorgenommen, nachdem die Blüthezeit vorüber iſt und die jungen Früchte ſich angeſezt haben, ſo wird dadurch die Reife der Früchte um 15 bis 25 Tage beſchleunigt, wobei ihre Güte eher vermehrt als vermindert wird. Durch dieſe Operation iſt es ſogar möglich, Holz-

pflanzen, die zwar blühen, aber keine Früchte reifen wollen, zum Fruchttragen zu bringen; so erhielt Thouin von einer gelben Roßkastanie (Aesculus flava), die ihre Früchte unreif abzuwerfen pflegte, solche völlig gereift durch Ringeln der Rinde vor dem Ausbruch der Blätter. Selbst bloße Quereinschnitte in die Rinde des Stammes oder der Aeste können einen ähnlichen Erfolg geben, weil sich dann an der eingeschnittenen Stelle ein Wulst bildet, wodurch die absteigende Bewegung des Rindensaftes aufgehalten wird. Endlich hat man auch auf die Erfahrung gestüzt, daß Bäume, deren Wurzeln theilweis ausgerissen oder von Erde entblößt sind, am meisten zu tragen pflegen, den Versuch, die Fruchtbarkeit zu vermehren, mit günstigem Erfolge gemacht, daß man einen Theil der Wurzeln blos legte oder abschnitt, wodurch der absteigende Saft verhindert wird in neue Wurzelbildungen überzugehen, demnach länger in den obern Theilen des Baumes verweilen muß.

Alle diese Thatsachen sprechen also dafür, daß das Absteigen des Saftes bei den Bäumen in der Rinde vor sich geht. Der Theil, welchen man gewöhnlich als Rindenkörper bezeichnet, besteht aber aus zwei sehr verschiedenen organischen Systemen, nämlich aus einer äußern Lage tessularischen Zellgewebes, oder der Rinde im engern Sinne, und aus einer innern, aus langgestreckten Zellen gebildeten Schichte, oder dem Baste. Nun sehen wir aber immer die neuen Theile, vermöge welcher der Umfang des Stammes und der Aeste sich vermehrt, nur zu beiden Seiten des Bastes sich ansetzen, und wir müssen daraus nothwendig schließen, daß dieser es sey, in welchem der Bildungssaft absteigt. Im Baste, oder doch als die nächsten Begleiter desselben, finden wir immer die früher (S. 49) genannten gestreckten Saftzellen (s. S. 62 u. 63), und es wird höchst wahrscheinlich, daß diese einen schon sehr weit organisirten Saft einschließen, welcher, wenn er aus diesen Zellen austritt, in und zwischen das übrige Pflanzengewebe nach den Stellen, wo neue Bildungen entstehen sollen, sich verbreitet und als Cambium abgesezt wird. Wenn aber diese, bei den Gefäßpflanzen jedesmal in der Nähe der Gefäße oder selbst in den Gefäßbündeln befindlichen, Zellen wirklich als die Behälter des Bildungssaftes zu betrachten wären, so würde der Hauptsitz dieses Saftes in allen

Gefäßpflanzen leicht nachzuweisen seyn, indem er dann überall die Gefäßbündel begleiten müßte. Der aus seinen Behältern ausgetretene Bildungssaft muß sich aber auch noch nach allen Seiten hin bewegen können, weil auch bei Monokotyledoneen und krautigen Dikotyledoneen zwischen den Gefäßbündeln neue Bildungen entstehen. Es kann also Nahrungs- und Bildungssaft überall abgesezt werden, wo es für das Bestehen und Wachsthum der Pflanze nöthig ist.

Doch werden die aufwärts wachsenden Theile, nachdem sie einmal aus dem Bildungssafte erzeugt sind, auch durch den aufsteigenden Saft zur Entfaltung und zum Wachsthum angeregt. Daher sehen wir bei den blattwechselnden Bäumen und Sträuchern im Frühling, bevor sie noch Blätter haben, die den rohen Saft gehörig assimiliren könnten, dennoch durch den zu dieser Zeit bekanntlich in großer Menge aufsteigenden Saft die Entfaltung der Knospen hervorgerufen. Hierbei ist jedoch noch Einiges wohl zu beachten. Dieser Saft, welchen Manche als Holzsaft (S. 271) unterschieden haben, zeigt nämlich schon durch seinen Geschmack, so wie durch seine Fähigkeit, bei vielen Bäumen nach dem Abzapfen in die geistige Gährung überzugehen, daß er bereits mit assimilirten Nahrungsstoffen angeschwängert ist, welche er bei seinem Aufsteigen aufgenommen haben muß. Es ist nämlich keinem Zweifel unterworfen, daß, außer der steten Erzeugung neuer Elementarorgane, während der Wachsthumsperiode, besonders aber, wie es scheint, gegen den Herbst bei allen ausdauernden Pflanzen ein Vorrath von Nahrungsstoffen für das künftige Jahr in den bleibenden, namentlich in den unter dem Boden befindlichen Theilen, also in den Wurzeln, unterirdischen Stöcken, Knollen und Zwiebeln, angehäuft wird, der gewöhnlich in Stärkmehl, zum Theil auch in Schleim (wie bei Malvaceen und Zwiebelgewächsen) besteht. Diese aufgespeicherten Nahrungsstoffe werden nun im Frühling, durch den von den Wurzeln in reichlicher Menge eingesogenen rohen Saft, bei dessen Aufsteigen aufgelöst, in andere zur unmittelbaren Ernährung taugliche Verbindungen umgewandelt, und durch den aufsteigenden Saft an die Stellen geführt, wo sich die ebenfalls schon im vorigen Sommer und Herbste gebildeten Knospen entfalten. Diese werden durch ihn allein so lange ernährt, bis ihre Blätter entfaltet sind,

worauf auch die aufgespeicherten Nahrungsstoffe sichtlich abgenommen haben, und nun die Verarbeitung des aufsteigenden Saftes wieder durch die Blätter vor sich geht, wobei dann auch sogleich wieder ein Absteigen des Saftes durch die Rinde eintritt. Daß indessen eine solche theilweise Vermischung des aufsteigenden Saftes mit dem schon weiter assimilirten überhaupt in den Pflanzen stattfinden müsse, lehrt die schon mehrmals erwähnte Beobachtung, daß der erstere fast immer gleich nach seiner Aufnahme durch die Wurzeln schon verändert gefunden wird. Während der jährlichen Vegetationsperiode werden bei vielen Pflanzen auch in den über dem Boden befindlichen Theilen ähnliche Nahrungsvorräthe abgelagert, wie in dem Blüthenlager der Korbblüthigen (man denke hier z. B. nur an die Artischocke und Sonnenblume), von wo aus dieselben später durch den aufsteigenden Saft den Blüthen zugeführt werden, um die Ernährung dieser und der Früchte, die meist eines großen Aufwandes von Nahrungsstoffen bedürfen, zu unterstützen. Besonders wird diese Ansammlung von nährenden Stoffen bei den Saftpflanzen nothwendig, die an ihren dürren Standorten oft lange Zeit hindurch von Außen wenig oder keine Nahrung erhalten, und wie weit diese angehäuften Stoffe zur Ernährung und Ausbildung hier ausreichen können, beweisen die Versuche mit solchen Pflanzen, z. B. mit Sedum- oder Hauslauch-Arten, deren Stengel abgeschnitten und in der Luft aufgehängt, noch lange Zeit fortlebt und selbst Blüthen und Früchte bringt, wobei die untern Theile aus ihrem Vorrathe die obern ernähren, da diese aus der Luftfeuchtigkeit allein schwerlich die zu ihrer Entfaltung und Ausbildung nöthige Nahrung würden ziehen können.

Nachdem also der aufsteigende oder Nahrungssaft in den Blättern, durch die Ausdünstung seines überschüssigen Wassers und die Aushauchung der untauglichen Gasarten, weiter assimilirt, in den von da aus zurückkehrenden und bei dikotyledonischen Pflanzen hauptsächlich in der Rinde, bei monokotyledonischen aber überhaupt in der Bastlage der Gefäßbündel absteigenden Bildungssaft umgewandelt worden, kann derselbe überall hin abgesezt werden, wo eine Bildung neuer Elementarorgane geschehen soll. An diesen Stellen geht er dann in die schleimig-gallertartige Substanz über, aus welcher unmittelbar die neuen

Zellen und Gefäße hervorgehen, und die den Namen Cambium erhalten hat. Das Cambium ist demnach der im höchsten Grade assimilirte Bildungssaft, der in diesem Zustande die Fähigkeit erhalten hat, gleichsam durch eine Art von Gerinnungsprozeß, die Membranen der neuen Zellen und Gefäße darzustellen. Ueber die Art, wie die Erzeugung der Elementarorgane aus dem Cambium geschieht, wissen wir noch nichts mit Gewißheit zu sagen, da ihre Bildung für unser Auge erst erkennbar wird, wenn sie bereits geschehen ist, wo wir dann höchstens das weitere Wachsthum dieser Organe bis zu ihrer vollkommenen Größe zu verfolgen im Stande sind. Die verschiedenen Ansichten über die Art dieser Erzeugung sind früher schon (S. 234) berührt worden. Wenn wir ferner das (ebendas. u. S. 135) über die wiederholte Ablagerung neuer Schichten von Zellsubstanz in den Zellenhöhlen Gesagte nochmals erwägen, so ergibt sich daraus augenscheinlich, daß dieser zu organischen Bildungen gerinnbare Schleim nicht blos zwischen den bereits vorhandenen, zur Erzeugung neuer, sondern auch innerhalb der schon bestehenden Elementarorgane selbst, zur Verdickung ihrer Wände, abgelagert werden müsse. Ob aber in dem lezten Falle dieser höchst assimilirte Stoff ebenfalls aus dem absteigenden Bildungssafte herrühre und also von Außen in die Zellenhöhlen gelange, oder ob jede dieser Zellen das Vermögen besitze, aus ihrer Zellenflüssigkeit ihr eigenes Cambium sich zu bereiten, ist ein Punkt, der noch des Aufschlusses bedarf. Da übrigens der absteigende Bildungssaft, wie wir gesehen, überallhin im Pflanzengewebe sich verbreiten kann, so läßt sich wohl denken, daß er in seinem noch mehr flüssigen Zustande allerdings die Zellenmembran zu durchdringen und so, selbst mit dem eingeschlossenen Zellsafte vermischt, in das die innern Schichten der Membran bildende Cambium überzugehen vermöge.

Bei den dikotyledonischen Bäumen und Sträuchern wird das Cambium vorzüglich auf der Gränze zwischen Holz und Rinde abgesezt, und da dieses im reichlichsten Maße im Frühling, nach dem Beginn der neuen Wachsthumsperiode geschieht, so sieht man um diese Zeit die bekannte Erscheinung eintreten, daß sich nämlich, in Folge der zwischen Bast und Splint angehäuften, schleimigen Materie, Rinde und Holz leicht trennen

lassen, was später nicht mehr der Fall ist, nachdem einmal das Cambium in feste organische Gebilde übergegangen ist. Das Cambium erscheint jedoch nicht früher als bis die Blätter ausgebrochen sind, wo sich dann auch erst die Rinde vollständig vom Holze löst. Darauf gründet sich der Gebrauch der Forstleute, das Entrinden oder Schälen der Eichen, behufs der Lohgerberei, nicht früher vorzunehmen, als bis die Eiche Blätter hat.

Daß dieses Cambium aus dem Bildungssafte der Rinde und nicht aus dem Holz entstehe, ist kaum zu bezweifeln. Diesem scheint zwar ein von Cotta angestellter und von Kieser wiederholter Versuch zu widersprechen. Wenn man nämlich bei der Buche, Eiche und mehreren andern blattwechselnden Bäumen ein Rindenstück bis auf den Splint hinwegnimmt, ohne daß jedoch der leztere verlezt werde, und die Wunde vor dem Zutritt der atmosphärischen Luft verwahrt, so findet man oft im folgenden Jahre, außer den an den Wundrändern aus der Rinde selbst entstandenen, auch noch andere kleine Wülstchen, von einer unregelmäßigen, meist in vertikaler Richtung länglichen Gestalt, über die Oberfläche des entblößten Holzkörpers zerstreut. Diese Wülstchen vergrößern sich, rücken einander dadurch näher, verwachsen allmälig miteinander und mit den aus der Rinde entstandenen, und wenn kein störendes Hinderniß eintritt, so ist im zweiten Jahre, nachdem die Wunde gemacht worden, dieselbe geheilt und die Rinde wieder ersezt. Wenn man diese zerstreuten Wülstchen, welche hier die neue Rinde zum größten Theil erzeugen, bald nach ihrem ersten Erscheinen vom Splinte abnimmt und zugleich mit diesem unter dem Mikroskope untersucht, so zeigt es sich, daß die Stellen, an welchen die Wülstchen erscheinen, die Markstrahlen sind, welche aus dem Holzkörper in die Rinde übergingen und bei Hinwegnahme der Rinde ebenfalls durchschnitten wurden. Hieraus ziehen nun die beiden genannten Schriftsteller den Schluß, daß es größtentheils die Markstrahlen sind, welche die Rinde wieder erzeugt und das Cambium zu deren Bildung geliefert haben. C. H. Schultz dagegen, welcher in diese Folgerung Zweifel sezte und vermuthete, daß in den länglichen Grübchen der Markstrahlen nur das aus der Rinde erzeugte Cambium sitzen geblieben sey, welches die Bildung der neuen Rindenwülstchen bedingt habe, und daß das Hervorwach-

sen derselben aus den Markstrahlen nur scheinbar gewesen, wiederholte den Versuch, jedoch mit der Vorsicht, daß er bei einem Theil der stellenweise entrindeten Bäume mit einem feuchten Schwamme das entrindete Holz sorgfältig abwischte und die Grübchen von dem darin befindlichen Cambium befreite, bei andern daneben stehenden Bäumen aber den entblößten Holzkörper unabgewischt ließ. Das Resultat war, daß auf den Wunden jener Bäume, von welchen das Cambium abgewischt worden, keine Spur von neuer Bildung sich zeigte, während an den übrigen, mit denen er weiter nichts vorgenommen hatte, die Wülstchen auf den Markstrahlen sich zeigten. An Bäumen, deren Splint nach Abnahme der Rinde keine deutlichen Markstrahlen-Grübchen erkennen läßt, wo also die Oberfläche des Holzkörpers glatt ist, wie bei dem Spitzahorn (Acer platanoides), konnte Schultz auch nie eine Spur von neuer Bildung auf dem entrindeten Holze erkennen, und eben so kommen sie nach ihm bei den mit solchen Grübchen versehenen Bäumen nur dann zum Vorschein, wenn sie im kühlen Schatten stehen, und sogar in dem Falle, wo eine Seite des entrindeten Stammes der Sonne ausgesezt war, während die andere Seite beschattet stand, sah er nur an der Schattenseite jene Wülstchen aus den Gruben der Markstrahlen hervorwachsen; ein Zeichen, daß, wenn die Sonne das Cambium in denselben ausgetrocknet hat, sich hier kein neues wieder bilden kann.

Obgleich diese Versuche unläugbar in den gegebenen Fällen die Erzeugung des Cambiums aus der Rinde darthun, so kann doch auf der andern Seite nicht in Abrede gestellt werden, daß diese bildungsfähige Materie zum Theil auch an andern Stellen abgesezt werden könne. Da nämlich, wie schon weiter oben bemerkt, allenthalben in den Zellen selbst das Cambium sich erzeugen kann, da ferner dem aufsteigenden und absteigenden Safte möglich ist, überallhin das Pflanzengewebe zu durchdringen, so muß sich hieraus, trotz dem vorherrschenden Auf- und Absteigen der Säftemasse, doch auch eine allseitige Bewegung derselben ergeben, und es ist also die Gegenwart der verschiedenen Säfte, die wir bei der Lehre von der Assimilation, schon zum bessern Verständniß derselben besonders und jeden für sich betrachten müssen, an allen Stellen des Pflanzenkörpers zugleich denkbar,

wo noch Leben und Wachsthum wahrgenommen wird. Für diese allseitige Bewegung der Säfte sprechen auch noch mehrere auffallende Beobachtungen von mit einander verwachsenen Bäumen, deren hier einige mitgetheilt werden sollen. In Hartig's Journal *) wird von zwei hundertjährigen Buchen (unweit Brünn, in Mähren) erzählt, welche durch einen 4 Zoll dicken und 22 Zoll langen Ast zusammen verwachsen waren und beide noch freudig vegetirten, obgleich die eine von ihrer Wurzel getrennt und von ihrem untern Stammende ein 15 Fuß langes Stück abgehauen war, so daß sie nun schwebend an der andern sich erhielt und die Hiebfläche sich schwach (aus der Rinde) vernarbt hatte. Daselbst wird ferner ein Fall angeführt, wo von zwei nah beisammenstehenden Weißtannen die eine schwächere mit der andern 80jährigen in einem Winkel von 36° übers Kreuz verwachsen war, deren erstere, ebenfalls von ihrer Wurzel 4 Fuß über dem Boden abgehauen, noch freudig fortwuchs und ihre Hiebwunde durch einen Wulst aus der Rinde völlig ausgeheilt hatte. Ein dritter Fall dieser Art wird von zwei Bäumen der Sumpf-Fichte (Pinus palustris), bei Quincy in Mittel-Florida, angeben **), welche oben in ihrem Gipfel zusammengewachsen waren und wovon der eine, nahe an der Erde (wahrscheinlich durch Brand) von seiner Wurzel getrennt, obgleich außer Verbindung mit dem Boden und in der Luft hängend, fortlebte. In allen diesen Fällen mußten die von ihren Wurzeln getrennten Bäume durch die Säfte des andern Baumes ernährt werden, die aber nur an der Stelle, wo die Verwachsung stattgefunden, in jene übergehen konnten und sich also von hieraus nach allen Seiten in ihrem Gewebe verbreiteten. Auch Hales hat durch Versuche mit Baumzweigen, welche er umgekehrt, mit ihrem oberen abgestuzten Ende in Wasser stellte, wo sie das leztere mit gleicher Kraft, wie sonst mit ihrem untern Ende, einsogen und sich lange Zeit frisch erhielten, dargethan, daß die Nahrungsflüssigkeit in der Pflanze auch unter gewissen Umständen einen dem gewöhnlichen entgegengesezten Weg nehmen könne, und er gibt auch schon eine

---

*) Hartig, Journal für das Forst-, Jagd- u. Fischereiwesen. 1807. S. 731.

**) *Silliman*, American Journal of sience and arts Vol. XXV. (1833) p. 78.

Abbildung von drei Bäumen *), deren mittelster, nachdem er an zwei Aesten mit seinen beiden Nachbarn künstlich zur Verwachsung gebracht und dann entwurzelt worden, durch die leztern, die ihn zwischen sich schwebend hielten, ernährt wurde.

So haben wir also die Umwandlung der rohen Nahrungsflüssigkeit bis zu dem bildungsfähigen Stoffe verfolgt, aus welchem die neuen Elementarorgane, wie mit einem Zauberschlage, hervorgehen. Bei der ganzen Assimilation der Säfte dürfen wir jedoch auch nicht die Gegenwart der durch den rohen Saft aufgelösten und in die Pflanze geführten unorganischen Stoffe aus dem Auge verlieren, welche nicht blos, wie schon (S. 232) bemerkt, in Form von Krystallen oder unregelmäßigen Concrementen ausgeschieden, sondern, auch zum großen Theil in den Säften, in innigster Verbindung mit denselben, zurückgehalten werden und selbst in die Bildung des Cambiums und der aus ihm erzeugten Membranen des organischen Gewebes, nicht etwa als zufällige Beimengung, sondern als wirkliche Bestandtheile derselben eingehen. Dabei spielen namentlich der Kalk und die Kieselerde eine wichtige Rolle, von welchen der erstere (S. 127) fast in allen Pflanzen, die leztere zwar weniger allgemein, dafür aber in manchen Fällen in sehr großer Menge im Zellstoffe enthalten ist, wie die schon früher (S. 128 u. 233) angeführten Beispiele beweisen **). Hier ist also das Unorganische wirklich integrirender Theil des Organischen geworden, und wir sehen überhaupt auch hieraus wieder, wie nur durch die Lebensthätigkeit geleitet, aus dem rohen Safte die chemischen Verbindungen in den Pflanzen und daraus Bildungen hervorgerufen werden, welche nachzuahmen aller menschlichen Kunst unmöglich bleibt.

---

*) *Hales*, Vegetable Statiks. t. 11.

**) Diesen seyen hier nur noch einige beigefügt. Die Oberhaut des gemeinen Rohrschilfs (Phragmites communis) enthält in 100 Theilen 37,1 Kieselerde; die Oberhaut des Bambusrohres gibt bei der chemischen Analyse im Hundert sogar 77,76 Kieselerde, so daß diese im ersten Fall über $\frac{1}{3}$, im zweiten über $\frac{3}{4}$ der Zellenmembran selbst bildet, da sich hier so wenig, als in den übrigen (a. a. O.) angegebenen Fällen, unorganische Stoffe in den Zellenhöhlen abgelagert finden.

§. 175.

Nachdem wir im Vorhergehenden die Umänderung des rohen Saftes bis zu dem bildungsfähigen Stoffe, Cambium genannt, verfolgt haben, bleibt uns noch die Erzeugung und Ablagerung verschiedener Stoffe zu betrachten übrig, deren Bestimmung für das Pflanzenleben entweder weniger deutlich erkannt und daher noch einem Widerstreite der Meinungen unterworfen ist, oder welche nicht mehr zur Ernährung und Bildung neuer Theile verwendet werden, sondern für ausgeschiedene und außer den Kreis der Lebensverrichtungen gesezte zu halten sind.

Dahin gehört zuvörderst der in den Saftgängen (§. 9 u. §. 163) enthaltene eigene Saft, welcher, wo er gefärbt erscheint, als Milchsaft unterschieden wird. Dieser wird in den Gefäßpflanzen offenbar bei der Assimilation, neben dem absteigenden Bildungssafte, zugleich in den Blättern erzeugt und fließt dann von hieraus, wie jener, nach den untern Theilen der Pflanze herab, wobei er oft unverändert bis in die Wurzeln gelangt, oft aber auch auf seinem Wege nach unten Veränderungen erleidet. Obgleich, wie schon (S. 240) angegeben worden, in den Saftgängen häufig eine Strömung des Saftes in entgegengesezten Richtungen beobachtet wird, so findet doch ein vorherrschendes Absteigen desselben, von den Blättern und blattartigen Theilen aus, statt.

Wir treffen daher den eigenen Saft von den Früchten (in welchen er jedoch gewöhnlich nur vor der Reife vorhanden ist), z. B. bei dem Mohn und Schöllkraute, bis in die Wurzelenden an. Seine Behälter sind dabei entweder im ganzen Parenchym des Stammes zerstreut, wie bei den Pilzen und Monokotyledoneen (Fig. 58, b b), oder hauptsächlich in der innern Rinde im Kreise gestellt, wie bei den Dikotyledoneen (Fig. 61, a); doch sind sie auch hier nicht auf diese Stelle allein beschränkt, sondern kommen auch in dem noch saftreichen Marke, z. B. in den Lindenknospen, im Cykadeenstamm, und im Holze vor, wie bei den Tannen, wo sie seltener, und in den jungen Aesten der Feigenbäume, wo sie sogar häufiger im Holz als in der Rinde bemerkt werden.*) Sie sind in der ersten

*) Diese Behälter sind, wie schon früher erwähnt, von sehr verschiedenem Durchmesser; die größern, welche keine eigene Membran besitzen, stel-

Jugend der Pflanze und in den jüngsten Theilen der erwachsenen vorhanden; denn die jungen Keimpflanzem der Wolfsmilch-Arten lassen (nach Röper) schon einen halbdurchsichtigen eigenen Saft aus beigebrachten Wunden fließen, wenn ihre Samenlappen noch in den Samenhäuten stecken und ihr Stengelchen sich gelb zu färben beginnt, und in dem Mark der Knospen bei der Linde sind, wie vorhin bemerkt, ebenfalls schon Saftgänge vorhanden.

---

len der Länge nach im Zellgewebe verlaufende, mehr oder weniger verzweigte und netzartig untereinander verbundene Kanäle dar, von einem Kreise von Zellen umgeben, die sehr dünnwändig, dabei enger und verhältnißmäßig mehr gestreckt sind, als die übrigen Zellen (Fig. 41), und welche man (nach Mohl) für die Aussonderungsorgane der in die Kanäle aufzunehmenden Säfte betrachten muß. Diese Kanäle sind nun diejenigen, welche wir vorzugsweise als Saftgänge unterscheiden können. Außerdem kommen aber auch noch andere, stets engere, einen eigenen Saft einschließende Gänge vor, welche nur aus aneinandergereiheten, dünnwändigen Zellen bestehen, die meist mehr verlängert, dabei bald enger, bald weiter als die zunächst sie umgebenden Zellen sind (vergl. S. 23) und unmittelbar den mehr oder weniger stark gefärbten Saft enthalten. Diese Zellen könnten dann von jenen Kanälen oder den eigentlichen Saftgängen, so wie von den gestreckten Saftzellen, welche allem Anschein nach den Bildungssaft führen, als eigene Saftröhren unterschieden werden. Sie sind es, welche, namentlich auf dem Querschnitte der damit versehenen Theile, z. B. beim Schöllkraute, so leicht für erweiterte Intercellulargänge gehalten werden, daher ihre wahre Natur gewöhnlich nur auf den Vertikalschnitten zu erkennen ist.

Die beiderlei Saftgänge sind von den frühern Schriftstellern als eigene Gefäße beschrieben worden. Die Saftröhren werden von Treviranus (Physiol. d. Gew. I. 140) einfache Sekretionsgefäße, die eigentlichen Saftgänge aber zusammengesezte Sekretionsgefäße genannt, während H. Schultz (die Nat. d. leb. Pflanze. I. S 508) alle Kanäle, in welchen der Milchsaft sich bewegt, Lebensgefäße nennt, womit er aber auch die in den Gefäßbündeln vorkommenden gestreckten Saftzellen zum Theil vermengt (a. a. O. S. 516). Da aber alle diese Theile nach ihrer Struktur oder ihrem Vorkommen zum Zellgewebe gezählt werden müssen, und man unter Gefäßen bei den Pflanzen ganz andere Elementarorgane versteht, so können sie auch füglich nicht dem Gefäßsystem beigezählt werden, und ihre Bezeichnung als Gefäße erscheint daher nicht folgerichtig.

Der eigene Saft ist von sehr verschiedener Natur in den verschiedenen Pflanzen. Er besteht z. B. aus einem in Wasser löslichen Schleim (Gummi) in der Linde, im Weinstock, in mehreren Ahorn-Arten, in unsern Steinobstbäumen, in den Schotendorn-Arten (Acacia), welche das im Handel vorkommende arabische Gummi liefern; er ist dem Tragantschleim ähnlich, in Wasser aufquellend und schwer löslich in den Cykadeen (Cycas, Zamia); er bildet ein mehr oder weniger reines, flüssiges Harz in den Zapfenbäumen, in vielen Terebinthaceen (Pistacia Terebinthus, P. Lentiscus) und Ebenaceen. In allen diesen Fällen ist er wenig gefärbt und mehr oder minder durchsichtig. Dann kommt er aber auch häufig als ein Gemisch von mancherlei Substanzen vor, und in diesen Fällen, wo er immer gefärbt und mehr undurchsichtig erscheint, führt er den Namen Milchsaft. Der Milchsaft besitzt nach seiner verschiedenen Zusammensetzung sehr abweichende Eigenschaften. Er ist ohne Geruch und von mildem Geschmack bei einigen Feigenbäumen (z. B. Ficus elastica), dem Maulbeerbaum, dem Melonenbaum (Carica Papaya), bei den Mammillarien (einer Abtheilung der Gattung Cactus) und besonders bei dem Kuhbaum (Galactodendron oder Brosimum (?) utile *Kunth*), dessen Milchsaft, vom Ansehen und Geschmack der Kuhmilch, auch wie diese genießbar ist *). Dagegen besitzt derselbe einen starken, gewürzhaften oder balsamischen Geruch und Geschmack bei Doldenpflanzen, bei welchen er sich zuweilen selbst

*) Außer dem sogenannten Kuhbaum (Palo de Vaca) im tropischen Amerika, zu der Familie der Urticeen gehörig, kommt an den Ufern des Demerara-Flusses im brittischen Guiana noch ein Baum vor, von den Eingebornen Hya-hya genannt, welcher einen weißen trinkbaren und nährenden Milchsaft reichlich bei Verwundungen ergießt. Dieser Saft ist dicker und nahrhafter als Kuhmilch, ohne Schärfe und obgleich derselbe für sich genossen, auf den Lippen ein leichtes Gefühl von Klebrigkeit zurückläßt, so soll er doch unter warmen Kaffee gemischt, wobei sich diese Klebrigkeit verliert, nicht von Kuhmilch zu unterscheiden seyn. Dieser Milchbaum ist in botanischer Hinsicht noch nicht genauer bestimmt und wurde nach bloßen Knospen-Exemplaren (von W. Arnott in Edinb. new philos. Journ. Jan. — Apr. 1830, p. 318) als Tabernämontana utilis (Familie der Apocyneen) beschrieben.

durch einen höchst widrigen Geruch auszeichnet, wie bei dem stinkenden Steckenkraute (Ferula Asa fötida), wo dieser Saft im eingetrockneten Zustande den bekannten Stinkasand bildet. Der Milchsaft ist ferner sehr bitter, ohne vorherrschende Schärfe, bei mehreren Aloë-Arten, wo er auch im Großen aus manchen Arten (Aloë vulgaris, A. soccotrina, A. spicata u. a.) gewonnen und als Aloë in den Handel gebracht wird. Endlich kommt derselbe scharf bis ätzend, dabei oft ebenfalls bitter und nicht selten giftig wirkend vor, bei Euphorbiaceen, Asklepiadeen, Convolvulaceen Papaveraceen, (Mohn Schöllkraut), Cichoriaceen (Giftlattich, Wegwarte, Löwenzahn), Aroideen (Arum, Calla, Caladium), auch bei Blätter- und Röhrenpilzen (Agaricus deliciosus, A. Necator, A. pyrogalus, A. piperatus, A. acris, A. thejogalus, Boletus piperatus, B. cyanescens u. a. m.). Der Milchsaft ist, wie schon (S. 230) angegeben wurde, meist von weißer Farbe, seltener gelb, wie beim Schöllkraut (Chelidonium), dem Hornmohn (Glaucium), dem wohlschmeckenden und bittern Blätterpilz (Agaricus deliciosus, A. thejogalus), oder roth, wie bei dem Blutkraute (Sanguinaria) und der Bocconie (Bocconia); am seltensten ist die blaue Farbe, wie bei dem glatten Sumach (Rhus glabrum).

Die Pflanzen, in welchen man bis jezt vorzüglich einen Milchsaft erkannt hat, sind: unter den Zellenpflanzen die vorhin genannten Blätter- und Löcherpilze; unter den Monokotyledoneen die Liliaceen (Aloë), Scitamineen, Aroideen, Alismaceen (Alisma) und die Gräser (Zea Mays); unter den Dikotyledoneen die Papaveraceen, Campanulaceen, Nopaleen, Doldenpflanzen, Korbblüthigen, Asklepiadeen, Apocyneen, Convolvulaceen, Euphorbiaceen und Artokarpeen. Dabei ist aber wohl zu bemerken, daß nicht in allen Gattungen einer jeden der angegebenen Familien, ja nicht einmal immer in allen Arten einer Gattung Milchsäfte vorkommen, und daß sie dabei in manchen sehr reichlich, in andern dagegen nur in geringer Menge vorhanden sind. Oft zeigt der Milchsaft in den obern Theilen einer Pflanze eine ganz andere Beschaffenheit als in den untern, wo er zuweilen gar nicht mehr zu erkennen ist, wie bei der strauchigen Schwalbenwurz (Asclepias fruticosa) und der grie-

chischen Schlinge (Periploca graeca). Außerdem scheint die Einwirkung der Wärme und des Lichts, welche überhaupt die Thätigkeit in dem Assimilationsgeschäfte erhöht, auch auf die Bildung der Milchsäfte von großem Einfluß zu seyn. Daher wachsen die milchgebenden Pflanzen meist gern an freien, sonnigen Stellen, wenige im Schatten und noch weniger im Wasser. Wenn sie an feuchte oder finstere Orte ausgesäet oder verpflanzt werden, besonders wenn sie dann zu Bleichlingen werden, so erzeugen sie nur wenig oder gar keinen Milchsaft. Daher ist der leztere z. B. in den innern Blättern des Kopfsalats sehr dünn und wässerig oder fehlt ganz, während die Stengel, wenn man diesen Salat zur Blüthe aufschießen läßt, einen so reichlichen, weißen Milchsaft, wie bei den wildwachsenden Lattich-Arten, enthalten. Bei diesen Pflanzen ist dieser Saft in so großer Menge vorhanden und fließt so nahe unter der Oberfläche, daß während der Blüthezeit ein geringer Reiz der Bracteen und Hüllblättchen, zum Beispiel ein leises Streichen mit einem Haare, schon hinreicht, um ein Ausspritzen oder Hervorquellen von Milchtröpfchen zu bewirken.

In chemischer Hinsicht erscheinen die Milchsäfte der Pflanzen als eine Art natürlicher Emulsionen, in deren Wasser harzige und ölige Stoffe mit Schleim, Extraktivstoff, Emulsin und verschiedenen Salzen, theils aufgelöst, theils nur fein zertheilt sind, und dann in demselben schwebend erhalten werden, wodurch vorzüglich das milchige Ansehen dieser Säfte entsteht, die außerdem zuweilen noch durch einen eigenen Farbstoff gefärbt erscheinen, wie bei dem Schöllkraute*). Viele Milchsäfte enthalten Federharz; auch Wachs kommt nicht selten darin vor und zwar zuweilen in solcher Menge, daß es z. B. in der Milch des Kuhbaums den halben Gewichtstheil derselben beträgt**). Die

---

*) Beim Schöllkraute weiß man, daß ein extraktiver Farbstoff dem Milchsafte die gelbe Farbe ertheilt; bei den Aloë-Arten ist es das Aloëbitter, welches die braungelbe Farbe des Milchsaftes verursacht. Ob aber bei den übrigen gelben und bei den rothen Milchsäften ebenfalls ein besonderer färbender Stoff vorhanden sey, und worin derselbe bestehe, ist noch nicht ermittelt.

**) Das Kautschuk oder elastische Gummi des Handels ist nichts weiter als der eingetrocknete Milchsaft verschiedener Pflanzen, welcher größtentheils aus dem eigentlichen Federharz besteht und daher,

in den Milchsäften enthaltenen Salze bestehen meist aus Kali, Kalk und Bittererde, mit Pflanzensäuren (z. B. Aepfelsäure) und unorganischen Säuren (Phosphorsäure, Salzsäure und hauptsächlich Schwefelsäure) verbunden; selbst Spuren von Eisen sind gefunden worden, wie im Milchsafte des Gartenmohns. In den starkriechenden Milchsäften, namentlich der Doldenpflanzen, finden sich flüchtige Oele, welche ihnen den durchdringenden Geruch ertheilen. Die Milch des Kuhbaums enthält auch eine geringe Beimischung von Zucker, und in den scharfen Milchsäften des Schöllkrautes, der Aroideen und Pilze scheint ein flüchtiger, scharfer Stoff, der bis jezt noch nicht dargestellt ist, enthalten zu seyn. Endlich kommen auch noch ganz eigenthümliche Verbindungen als Bestandtheile des Milchsaftes vor, wie in dem des Gartenmohns, in welchem neben den gewöhnlichen Stoffen noch die Mohnsäure, das Morphium und Opian enthalten sind.

Es ist vorhin schon erwähnt worden, daß der Milchsaft in den obern und untern Theilen der nämlichen Pflanze häufig eine verschiedene Beschaffenheit zeige. Dieses wird durch eine neuerlichst angestellte Untersuchung des Milchsaftes aus dem elastischen Feigenbaum (Ficus elastica) bestätigt *), wo der

---

nachdem er seine flüssigen Bestandtheile durch das Trocknen verloren hat, so ziemlich die Eigenschaften des reinen Federharzes besizt Das zu uns kommende Kautschuk wird wahrscheinlich besonders von der Federharz-Siphonie (Siphonia elastica), einem ansehnlichen Baum aus der Familie der Euphorbiaceen, in den Wäldern von Guiana und Brasilien, gewonnen. Es können aber die Milchsäfte noch vieler andern Bäume und Sträucher der wärmeren Himmelsstriche zur Bereitung des Kautschuks benüzt worden, und in Ostindien und China sind es besonders verschiedene Feigenbäume (Ficus elastica, F. religiosa, F. indica u. a.), welche das dort bereitete Kautschuk liefern. Ueberhaupt wirkt ein wärmeres Klima auf die reichlichere Erzeugung des Milchsaftes und auf seine vollständigere Ausbildung mächtig ein. Die Federharz gebenden Bäume, z. B. die genannten Feigenbäume, bringen in unsern Treibhäusern, wo sie doch eigentlich immer nur Schwächlinge bleiben, nie die Menge des Milchsaftes hervor, und dieser erscheint dabei immer weniger concentrirt und minder reich an Federharz, als in ihrem Vaterlande.

*) Rees von Esenbeck und Clamor-Marquart, über den

Milchsaft im Allgemeinen zwar die mehr gewöhnlichen Stoffe (Weichharz, Wachs, Gummi, Extraktivstoff und Kalksalze) zeigte, aber daneben in den jüngeren noch grünen Zweigen, wo der Saft dünnflüssiger war, ein weißes, in Fäden ziehbares, dem Vogelleim ähnliches Klebharz (Viscin) enthielt, während statt dessen in dem viel dickflüssigeren Safte aus der Rinde des Stammes Federharz (bei einem geringern Antheil von Weichharz und nur schwachen Spuren von Extraktivstoff) enthalten war, so daß hiernach der Uebergang des Viscins in Federharz durch den Lebensprozeß augenfällig dargelegt ist. Diese vergleichende Untersuchung des Saftes in verschiedenen Höhen ist in physiologischer Beziehung von großer Wichtigkeit und liefert den augenscheinlichsten Beweis, daß der Milchsaft während seines Herabsteigens noch bedeutende Veränderungen erleidet, und wenn wir dabei noch im Auge behalten, daß dieser Saft schon in der ersten Jugend der Pflanze vorhanden ist, daß er ferner nicht auf natürliche Weise und von freien Stücken von den Pflanzen ausgeworfen wird, und daß er endlich in manchen Pflanzen nur in den oberen Theilen vorkommt, in den unteren Theilen aber nicht mehr aufgefunden wird, weil er dort wahrscheinlich in Nahrungs- und Bildungssaft umgewandelt ist, so möchten wir doch wohl zu der Annahme geneigt seyn, daß im Allgemeinen die Milchsäfte, so wie überhaupt die eigenen Säfte, so lange sie sich noch in ihren Behältern bewegen, allerdings zum Leben der Pflanze nothwendig und nicht als abgeschiedene, außer der Sphäre des Pflanzenlebens gesezte Flüssigkeiten oder als bloße Rückstände (Residuen) des Ernährungsprozesses zu betrachten seyen, wie dieses ein berühmter Forscher*) in neuerer Zeit glaubte annehmen zu müssen. Da aber auch der Milchsaft in vielen Fällen, wo er dem Anschein nach durch die ganze Pflanze sich mehr gleich bleibt, (wie im Schöllkraute, in den Mohn- und Lattich-Arten), nur eine geringe Menge von Stoffen zur Ernährung der Theile abzugeben scheint, so wird auf der andern Seite demselben auch nicht die wichtige Rolle zu-

---

Milchsaft der Feigenbäume, Viscin und Kautschuk (Annal. der Pharmac. XIV, S. 43).

*) Treviranus, Zeitschr. für Physiol. I, S. 178. und Physiologie der Gewächse. S. 149.

erkannt werden können, welche ihm von einem andern Forscher (H. Schultz) zugetheilt wird, der ihn dem Blute der Thiere verglichen und, sammt dem Bildungssafte, Lebenssaft genannt hat.

Der eigene Saft erscheint daher als eine während des Assimilationsprozesses zwar in eigenen Behältern abgesonderte Flüssigkeit, welche aber noch manche zur Ernährung tauglichen Theile in sich enthält, die sie auch, wo es nöthig ist, in das Pflanzengewebe abgibt; daher die Veränderung, welche sie auf ihrem Wege von den Blättern nach der Wurzel erleidet, wo sie zuweilen sogar gänzlich in Nahrungs- und Bildungsstoffe umgewandelt zu werden scheint, woraus erhellt, daß in dem eigenen Safte, wie in den meisten übrigen organischen Verbindungen der Pflanze, immer noch eine Umbildung seiner nähern Bestandtheile möglich ist. In den Fällen aber, wo derselbe nicht ganz zur Ernährung verwendet wird, muß von diesen Bestandtheilen eine gewisse Menge zurückbleiben; diese werden sich dann bei einjährigen Stengeln und Wurzeln mit dem stets neu hinzukommenden Safte in den Gängen und Röhren fortwährend bewegen, während bei den Bäumen, wo sich die Saftgänge in der Rinde jährlich erneuern, der noch übrige Saft in den älteren Gängen austrocknet und entweder für das Auge verschwindet, oder nach dem Aufreißen und Abblättern der Rinde an die Außenfläche gelangt und ausgeworfen wird. Im Marke verschwindet der eigene Saft mit dem Absterben, im Holze, wie es scheint, mit dem zunehmenden Alter desselben, während sich in den jungen Splintlagen immer wieder neue Kanäle bilden. Es kann also der sich bewegende eigene Saft, aus allen hier mitgetheilten Gründen, nicht dazu bestimmt seyn, gänzlich durch die Lebensthätigkeit ausgestoßen zu werden, da dieses nur in den abgestorbenen Rindentheilen und nachdem seine Bewegung aufgehört hat, geschieht.

§. 176.

Wie wir die in den Saftgängen und Röhren sich bewegenden Säfte schon als abgesonderte, aber doch noch nicht zur Ausleerung aus der Oberfläche bestimmte Säfte kennen lernten, so gibt es auch noch andere, die aus dem Nahrungs- und Bildungssafte, vielleicht auch selbst aus dem eigenen Safte abgesondert, und in

von einander getrennten Zellen und Zellenhaufen oder in Höhlen des Zellgewebes enthalten sind, und von welchen man zum Theil nicht weiß, ob sie noch zu irgend einem Zwecke im Pflanzenleben verwendet werden, oder ob sie in ihren Behältern*) außer dem Kreise der Lebensverrichtungen gesezt und wirklich als ausgeschiedene Säfte zu betrachten seyen. Solcher abgesonderten Säfte gibt es gar mancherlei in allen Theilen der Pflanzen. So findet man flüchtige Oele und Balsame in der Rinde des virginischen Tulpenbaums (Liriodendron Tulipifera) und der dreiblättrigen Lederblume (Ptelea trifoliatä), im Baste des Zimmtbaums und im Holze des Sassafrasbaums, wo sie in bloßen Höhlen des Zellgewebes eingeschlossen sind, desgleichen in der Fruchthülle der Doldenpflanzen, wo diese Höhlen die sogenannten Striemen (vittae) unter der Oberhaut bilden, außer dem Oele aber zuweilen aber auch harzige und gummöse Stoffe zu enthalten scheinen. Solche flüchtigen Oele und Balsame kommen ferner vor in den Wurzelzasern der niedrigen Zwergpalme (Chamaerops humilis), in den knollig verdickten Wurzeln der Georginen, in den Knollen des gebräuchlichen Ingwers (Zingiber officinale), der langen Kurkuine (Curcuma longa) und im Samenmantel der Muskatnuß, wo sie in einzelnen zerstreuten Zellen eingeschlossen werden, welche häufig größer als die des übrigen Zellgewebes, aber, wenn auch oft in größter Menge vorhanden, doch nie in die Länge gestreckt oder aneinander gereiht sind. Endlich werden flüchtige Oele angetroffen in den jungen Zweigen, Blättern, Kelchen, Blumen

---

*) Bei diesen Saftbehältern muß ein ähnlicher Unterschied, wie bei den Saftgängen (S. 305 Bem.) angenommen werden, indem man die im Zellgewebe zerstreuten, einer eigenen Membran entbehrenden, mit ausgeschiedenen (?) Säften erfüllten Räume als Safthöhlen, die mit solchen Säften erfüllten einzelnen Zellen oder Zellenhaufen aber als eigentliche Saftbehälter unterscheiden kann. Link nennt (Elem. philosoph. bot. p. 104) gerade umgekehrt die leztern Safthöhlen (Cryptae) und die erstern Saftbehälter, obgleich eben diese doch nur Höhlen im Zellgewebe und keine für sich geschlossenen Behälter darstellen. H. Schulz gibt dagegen den Saftbehältern, nebst den Saftgängen, die keinen Milchsaft enthalten, je nach ihrem verschiedenen Inhalte, die Namen Oelsäcke, Harz-, Gummi- und Balsamgänge.

und Fruchthüllen des Citronen- und Pomeranzenbaums, der Gartenraute und anderer Rutaceen, des Gewürznelkenbaums, der Johanniskraut-Arten (Hypericum) u. s. w., wo sie in unter der Oberhaut liegenden oder auch etwas tiefer in das Parenchym eingesenkten Zellenhaufen oder in Schläuchen, mit einer eigenen zellgewebigen Haut umgeben, abgesondert werden.

Zu den abgesonderten Säften gehören auch die mancherlei Farbestoffe, welche bei gefärbten Pflanzentheilen bald in einzelnen, zerstreuten Zellen und Zellenhaufen, wie im Stengel der Balsamine und des Hörnerblattes (Ceratophyllum), in dem Schafte und den Blättern der punktirten Schopflilie (Eucomis punctata) u. a. gefleckten Organen, oder in größern Zellenmassen sich ansammeln, wie an der untern Seite der Blätter der zweifarbigen Tradescantie und der gemeinen Erdscheibe (Cyclamen europaeum), an beiden Blattflächen des eisenfesten Drachenbaums (Dracaena ferrea), in allen nicht weißen Blumenblättern, in vielen Fruchthüllen, z. B. der Heidelbeeren, blauen Trauben, des Liguster, im Samenmantel der Spillbäume (Evonymus) und im Fruchtbrei des Orleanbaums (Bixa Orellana). Der Fruchtbrei oder das Muß (pulpa) der Früchte, dessen anatomischer Bau schon früher (S. 100) beschrieben ist, enthält überhaupt nur solche ausgeschiedene Säfte, die aber oft bei der Fruchtreife mehr oder weniger eingetrocknet sind; sie bilden eine glasartige, farblose Gallerte bei den Seerosen, sind von süßlicher wässerig schleimiger Beschaffenheit bei der Gurke und Melone, sehr zuckerhaltig bei dem Johannisbrod und der Röhrenkassie, herben Extraktivstoff bei Gleditschien und der japanischen Sophore, bittere Harze nebst einem eigenen Bitterstoffe bei den Koloquinten, verschiedene Säuren (Aepfel- und Citronensäure) bei der Citrone, und neben diesen noch Weinsäure und Weinstein enthaltend bei den Tamarinden u. s. w. Diesen reihen sich dann die in den reifen, saftigen Fruchthüllen enthaltenen Säuren, die Pflanzengallerte, das Gummi und die Zuckerarten an, welche zwar hier, wie in dem Muße, keine besondern Behälter und Höhlen einzunehmen scheinen, aber, da sie nicht mehr in dem Organismus der Pflanze verwendet werden, auch nicht mehr den Nahrungs- und Bildungs-

säften beizuzählen sind. Das nämliche gilt von dem fetten Oele, welches in der Fruchthülle der Oliven und der Oelpalme (Elaeis guineensis) abgelagert wird, und wovon selbst Spuren in der Fruchthülle des rothen Hornstrauches oder Hartriegels (Cornus sanguinea) vorkommen.

Zu den ausgeschiedenen Stoffen, die nicht mehr zur Ernährung verwendet, aber auch nicht auf die Außenfläche der Pflanzen entleert werden, gehören endlich noch die Krystalle (I. S. 39. II. S. 77), welche weit häufiger im Zellgewebe vorkommen, als man früher glaubte, so daß es wahrscheinlich mit der Zeit leichter seyn wird, die Pflanzen, in welchen sie fehlen, als diejenigen, in welchen sie vorhanden sind, namhaft zu machen. Von den aus einer Verbindung von Erden mit Säuren bestehenden Krystallen unterscheiden sich die steinartigen, unter dem Namen Tabascheer bekannten Absonderungen (I. S. 40) in den Halmknoten der Bambus-Arten (Bambusa arundinacea, B. spinosa, B. stricta) und einiger verwandten baumartigen Gräser (Melocanna humilis, M. bambusoides, Nastus Guadua) durch den Mangel der Säuren, da sie nur aus unorganischen Salzbasen bestehen und außer Kieselerde, welche den größten Gewichtstheil (70 bis 72 in 100 Theilen) ausmacht, Kalk und Kali (nach Andern auch Thonerde und Eisenoxyd) enthalten.

Obgleich von den bisher genannten Substanzen manche ohne Zweifel als wirklich ausgeschiedene und zum Leben der Pflanze ferner nicht mehr taugliche zu betrachten sind, so können doch die meisten derselben im strengeren Sinne nicht als Auswurfsstoffe (Excremente) gelten, da sie (wenigstens auf natürliche Weise) nicht von der Pflanze ausgestoßen werden.

§. 177.

Es gibt indessen eine Menge von Stoffen, welche, als zur Ernährung und Bildung neuer Theile untauglich, auch aus der Pflanze hervortreten und als wahre Auswurfsstoffe durch ihre Oberfläche ausgeleert werden. Diese Ausleerung kann an allen Theilen der Pflanze geschehen. Hierher gehören zuvörderst die bei dem Assimilationsprozesse von den Blättern und übrigen grünen Theilen ausgehauchten wässerigen Dünste und Gasarten. Es gibt aber außer den schon früher erwähnten Gasarten (Sauer-

stoff und Kohlensäure), noch andere flüchtige Stoffe, welche in Luftgestalt ausgestoßen werden. So haucht der stinkende Gänsefuß (Chenopodium olidum) kohlensaures Ammoniak aus (S. 126), und das Nämliche wurde auch (von Chevalier und Boullay) bei mehreren, selbst wohlriechenden Blumen beobachtet. Ueberhaupt können wir den flüchtigen Riechstoff vieler Blüthen, so wie die flüchtige Schärfe mancher Pflanzen, nach unsern jetzigen Kenntnissen von der Sache (vergl. S. 160), nur durch eine Aushauchung flüchtiger, in ihrem Zellgewebe sich erzeugender Stoffe erklären. Strandpflanzen hauchen (nach W. Sprengel), vorzüglich während der Nacht, Chlor aus; im Sonnenschein wird nämlich das ausgehauchte Chlor sogleich in Hydrochlorsäure (Salzsäure) verwandelt.

Von dem Ausströmen ausgeschiedener, bei gewöhnlicher oder nur wenig erhöhter Temperatur mit Lichtentwicklung verbrennbarer Stoffe rührt höchst wahrscheinlich das längere Zeit andauernde Leuchten her, welches bei manchen lebenden Pflanzen im Finstern beobachtet wird (S. 190). Die brennbare Atmosphäre, welche sich an heitern, heißen Tagen um die Blüthentraube des weißen Diptams (Dictamnus albus) erzeugt und die sich, bei Annäherung eines brennenden Körpers unterhalb des Blüthenstandes, zu einer lebhaften, zwischen den Blüthen auflodernden Flamme, unter Entwicklung eines angenehmen, aromatischen Geruches, entzündet, rührt dagegen von dem bei hoher Temperatur in großer Menge verdunstenden, flüchtigen Oele her, welches die zahlreichen, namentlich an den Staubfäden vorhandenen Drüsen ausscheiden; auch fand Nees von Esenbeck d. J. nach der Entzündung nur diese Drüsen versengt, sonst aber die Blüthen unversehrt (Allgem. bot. Zeit. 1835, S. 412), und er vermuthet, daß auch andere Pflanzen, welche viel ätherisches Oel oder mit diesem gemischtes Harz in oberflächlichen Drüsen enthalten, dieselbe Erscheinung darbieten können *). Damit sind wir dann zu den flüchtigen Oelen und

*) Biot hat wirklich die Beobachtung gemacht, daß das flüchtige Oel, wenn es von diesen Drüsen ausgeschieden worden, in kleinen Tröpfchen auf ihnen hängen bleibt, und daß man dann, wenn sich viele dieser Tröpfchen angesammelt haben, zu jeder Tageszeit eine theil-

Balsamen gelangt, welche in den Oberhautdrüsen (I, S. 455. II, S. 19) vieler starkriechenden Pflanzen, namentlich aus der Familie der Lippenblüthigen, aber auch noch anderer, z. B. der schwarzen Johannisbeere, vieler Korbblüthigen, verschiedener Gänsefuß-Arten (Chenopodium Botrys, Ch. ambrosioides, Ch. Schraderianum) u. s. w. ausgeschieden werden und in die Atmosphäre verdunsten. Eine solche Verdunstung des flüchtigen Oels scheint jedoch auch schon in einigen der früher angeführten Fällen, bei den unmittelbar unter der Oberhaut liegenden Drüsen, z. B. der Gartenraute und den Gewürznelken vorzukommen, wie aus dem starken Geruche zu vermuthen ist, den dieselben fortwährend von sich geben.

Außerdem schwitzen die oberflächlichen (sitzenden oder gestielten) Drüsen auch noch mancherlei andere, z. B. schmierige und klebrige Stoffe aus, deren wahre Natur noch wenig erforscht ist, obgleich sie oft in solcher Menge ausgesondert werden, daß sie die ganze Oberfläche gewisser Pflanzen schmierig und klebend machen. So sieht man an den Blättern des Sonnenthaus (Drosera) auf einer jeden der gestielten Drüsen ein wasserhelles Tröpfchen einer gallertartigen, zähen, in Fäden ziehbaren Materie von schwach säuerlichem Geschmacke; andere, meist gelblich gefärbte, schmierige oder klebrige Stoffe, welche aus den Drüsen oder Drüsenhaaren ausschwitzen, findet man auf den jungen Zweigen und Blattstielen der klebrigen Robinie (Robinia viscosa), auf der Fruchthülle des grauen Wallnußbaums (Juglans cinerea), auf den Stengeln, Blättern und Kelchen des Bilsenkrautes, des Tabacks, der klebrigen Salbei (Salvia glutinosa), der schmierigen und klebrigen Abarten mehrerer Hornkräuter (Cerastium brachypetalum, C. semide-

---

weise Entzündung bewirken kann, die sich von unten nach oben in Aufeinanderfolge — nicht augenblicklich und gleichzeitig, wie in dem obigen Versuche — fortpflanzt und mehr aus einer Art von Verpuffungen besteht. Wenn auch nicht durch diese Beobachtung, wie Biot meinte, die durch Nees neuerdings bestätigte Gegenwart einer nach einem heißen Tage sich bildenden brennbaren Dunstmasse widerlegt wird, so scheint sie doch die von dem Leztern aufgestellte Vermuthung, hinsichtlich der Entzündbarkeit des flüchtigen Oels bei andern Pflanzen, zu bestätigen.

candrum, C. triviale etc.), der schmierigen Cuphea (Cuphea viscosissima), der Siegesbeckien u. a. m.

Zu den Auswurfsstoffen gehört auch die scharfe, ätzende Flüssigkeit, welche in dem drüsigen, verdickten Grunde der Brennhaare bei Nesseln sich ansammelt, bei der Berührung durch die stechende Röhre des Haares in die Wunde ausfließt und das starke Brennen in dem verlezten Theile der Haut verursacht (S. 258). Aehnliche Säfte werden auch in den Brennhaaren anderer Pflanzen, wie der Malpighien, der brennenden Brechnuß (Jatropha urens), der brennenden Loase (Loasa urens), ausgeschieden. Da der scharfe Saft der Nesselhaare (nach De Candolle) den Veilchensyrup grün färbt, so scheint er einen alkalischen Stoff zu enthalten; Näheres ist über seine Beschaffenheit nichts bekannt. Hier muß auch die wässerige Flüssigkeit erwähnt werden, welche die sogenannten Blattern des Eiskrautes (Mesembryanthemum crystallinum) erfüllt (I, S. 455) und bei den an der Meeresküste wachsenden Pflanzen kohlensaures Natron, bei den in Gärten gezogenen aber kohlensaures Kali enthält.

Die gestielten Drüsen der gemeinen Kichererbse (Cicer arietinum) schwitzen eine saure Flüssigkeit aus, welche beim Berühren der Pflanze den Fingern einen sauren Geschmack mittheilt und (nach Vauquelin) ein Gemisch von Klee-, Aepfel- und Essigsäure ist. Auch in den Haaren auf den Früchten des Hirschkolben-Sumachs (Rhus typhinum) wird eine saure Flüssigkeit ausgeschieden, welche (nach Cozzens) fast reine Aepfelsäure ist. Der säuerliche Geruch der Blätter bei der Weinrose (Rosa rubiginosa) läßt ebenfalls eine durch die zahlreichen Drüsen derselben ausgeschiedene Säure vermuthen. Diese Ausscheidung von freier Säure kommt indessen selten im Pflanzenreiche vor; daher verdienen auch hier die (S. 263) genannten Warzenflechten noch einmal eine Erwähnung, da die Ursache ihres allmäligen Einsenkens in den Kalkstein wohl nur ein saurer Auswurfsstoff ist, durch welchen der kohlensaure Kalk zersezt und auflöslich gemacht wird.

Die bisher betrachteten Auswurfsstoffe sahen wir meist durch die Drüsen und Haare der Oberhaut ausgeschieden und es erscheinen die Drüsen immer, die Haare jedoch seltener als die unmittelbar aussondernden Theile. Darüber, so wie über die den

Haaren auch häufig zukommende einsaugende Funktion ist früher (S. 259) schon ein Mehreres gesagt worden. Indessen finden auch mancherlei Ausscheidungen aus völlig drüsenlosen und unbehaarten Pflanzentheilen statt, wo sie demnach durch die Oberhaut selbst geschehen müssen. Dieß ist der Fall mit den klebrigen und schmierigen Stoffen, welche aus Blättern und andern noch mit ihrer Oberhaut versehenen Theilen vieler Pflanzen ausschwitzen, wie aus den Blättern der gemeinen Erle (Alnus glutinosa) und der Birken besonders im Frühling, aus den Deckschuppen der Knospen bei Pappeln und Roßkastanien, aus den obern Gliedern des Stengels, unter den Gelenken bei dem Garten-Leimkraut (Silene Armeria) und der klebrigen Lichtnelke (Lychnis Viscaria), aus den Blättern und Stengeln oder Zweigen der klebrigen Primel (Primula glutinosa), der klebrigen Grindelie (Grindelia glutinosa), der gummibringenden Akarna (Acarna gummifera) und anderer Korbblüthigen, der Cistrosen (Cistus creticus, C. cyprius, C. ladaniferus), wo die wohlriechende, aus einem mit flüchtigem Oel, Wachs, Gummi und äpfelsaurem Kalk gemischtem Harze bestehende Substanz gesammelt und unter dem Namen Ladanum in den Handel gebracht wird, aus den Blattscheiden des schmierigen Cypergrases (Cyperus viscosus) und aus dem (obgleich einer wahren Oberhaut entbehrenden) Hute mehrerer Blätter- und Löcherpilze (Agaricus lubricus A. lentus, A. collinitus, Boletus flavidus, B. granulatus). Während diese Stoffe in den genannten Beispielen meist die ganze Oberhaut überziehen, sieht man auf den Blättern der Tannen (Pinus Abies, P. picea) nur auf den Poren kleine Harztröpfchen sitzen, welche gewöhnlich die Spalte derselben verstopfen und also hier wirklich durch die Spaltöffnungen der Oberhaut ausgeschieden werden, die sonst in der Regel nur dunstund luftförmige Stoffe auszuhauchen scheinen (S. 253, 254).

Die schleimige oder gallertartige Materie, welche zu gewissen Zeiten in den Blattschläuchen der Utricularien ausgesondert wird (S. 290), muß wohl auch den Auswurfsstoffen beigezählt werden, gleich wie der schlüpfrige Ueberzug, welcher die Froschlaichalgen (Batrachospermum) und die in Häufchen beisammenstehenden rothen Kügelchen (I, S. 336) der Chara

syncarpa umgibt. Ob dieses aber auch mit der die Fäden und getrennten Zellen der Rivularien, Palmellen und Nostok-Arten einschließenden Gallerte der Fall sey, ist sehr zu bezweifeln, da hier die leztere vielleicht gerade aus sich die in ihr eingeschlossenen Theile erzeugt. Ebenso kann der Schleim, welcher sich in den Zellen der Oberhaut bei den Quittenkernen, den Kressen- und Leinsamen u. a. m. ansammelt, nicht wohl als Auswurfsstoff betrachtet werden, da derselbe nur nach dem durch das Auffaugen von übermäßiger Feuchtigkeit erfolgten Aufplatzen der Zellenmembranen ausgeleert wird.

Dagegen gehört als eine merkwürdige Ausscheidung hierher der staubähnliche, abwischbare Ueberzug, welcher bei vielen Pflanzen die mit einer Oberhaut versehenen Theile bedeckt, und, wenn er aus sehr feinen Theilchen besteht, den Namen Reif oder Duft führt, wenn er aber aus größeren Staubkörnchen gebildet ist, Mehl oder Puder genannt wird. Als Reif oder Duft besizt er meist eine bläuliche Farbe, auf den Stengeln der Hundspetersilie (Aethusa Cynapium), des gefleckten Schierlings (Conium maculatum), auf den Zweigen mancher Weiden (z. B. Salix daphnoides), des abendländischen Himbeerstrauches (Rubus occidentalis), auf den Blättern der Kohl-Arten (Brassica), des schildförmigen Ampfers (Rumex scutatus), der meisten Zaserblumen (Mesembryanthemum), auf den Früchten des Pflaumenbaums, des Schlehenstrauches und Weinstocks; als Mehl oder Puder erscheint er meist weiß, wie auf den Blättern und Kelchen der Aurikel, der langblüthigen und mehlstaubigen Primel (Primula Auricula, P. longiflora, P. farinosa) und besonders schön auf der Rückseite der Blätter des weinsteinartigen Nacktfarns (Gymnogramme tartarea), seltner rein gelb, wie bei einigen andern Arten dieser Gattung (G. flavens, G. chrysophylla, G. sulfurea), oder rosenroth, wie bei dem rosenrothen Nacktfarn (G. rosea). Wo man diesen staubähnlichen Ueberzug bis jezt chemisch untersucht hat, fand man denselben hauptsächlich aus Wachs bestehend, dem zuweilen noch ein Hartharz in größern oder geringern Mengen beigemischt ist. Diese Stoffe scheinen im flüssigen oder aufgelösten Zustande ausgestoßen zu werden und dann auf der Oberfläche der

Pflanze zu erstarren. Bei manchen Pflanzen wird diese wachsartige Materie in so großer Menge auf die Oberfläche ausgeleert, daß man dieselbe für den Gebrauch sammelt und zum Theil sogar in den Handel bringt. Dahin gehören unter andern die südamerikanische Wachspalme (Ceroxylon Andicola), wo das Wachs, welches jedoch mit vielem Harze vermischt ist, den Stamm und die obere Fläche der Blätter überzieht, der wachsgebende Gagel oder nordamerikanische Kerzenbeerstrauch (Myrica cerifera), die talgführende Stillingie (Stillingia sebifera) und der talggebende Tomex (Tomex sebifera) in China, und der japanische Sumach (Rhus succedaneum), bei welchen das Wachs aus der Fruchthülle ausgeschwizt wird und als einmehr oder weniger starker Ueberzug der Früchte erscheint (s. auch S. 156).

Bei mehreren Strandpflanzen kommen auch salzige Auswurfsstoffe vor; so besizt (nach Ehrenberg) der bläuliche Duft auf den Blättern der französischen Tamariske (Tamarix gallica) einen salzigen Geschmack; der grauliche, salzig schmeckende Beschlag auf den Blättern der pfriemförmigen Reaumürie (Reaumuria vermiculata) scheint (nach De Candolle) aus kohlensaurem Natron und kohlensaurem Kali zu bestehen; ebenso sollen (nach W. Sprengel) manche Strandpflanzen hydrochlorsaures (salzsaures) Natron ausscheiden, welches sich auf der Oberfläche in krystallinischer Gestalt (als Chlornatrium oder Kochsalz) absezt.

Zu den Auswurfsstoffen der Pflanzen müssen wir ferner den durch die drüsigen Stellen der Blüthentheile ausgeschiedenen Honigsaft (I, S. 372) zählen, der nach den verschiedenen Pflanzen, welche ihn liefern, zwar manche abweichende Eigenschaften besizt, aber doch bei allen darin übereinzustimmen scheint, daß er sehr reich an Zucker ist, welcher bei Agave-Arten (Agave americana, A. lurida u. A. geminiflora), deren Honigsaft bis jezt allein genauer untersucht ist, mit geringen Mengen eines übelriechenden flüchtigen Oels, so wie von salzsaurem, zum Theil auch von schwefelsaurem Kalk, salzsaurer Bittererde und Emulsin verbunden ist*). Da der Honigsaft, wie bemerkt, nach

---

*) *Buchner*, Repert. XXXVII, S. 217. XLIII, S. 29. —

den Pflanzen, welche ihn ausscheiden, verschiedene Eigenschaften zeigt, welche sogar zum Theil in den durch die Bienen daraus bereiteten Honig übergehen, der, wie bekannt, von manchen Pflanzen, z. B. den Lippenblüthigen und Linden gesammelt, von vorzüglicher Beschaffenheit ist, während er von andern, z. B. von den Sturmhut-Arten, von der pontischen Azalea u. a. herrührend, entweder einen unangenehmen Geschmack oder giftige Eigenschaften besizt, so ist nicht zu bezweifeln, daß der in den Honigsäften enthaltene Zucker noch mancherlei Beimischungen von Stoffen haben müsse, die mit ihm zugleich durch die Nektardrüsen ausgeschieden werden.

Als auffallendes und vielleicht einziges bis jezt bekanntes Beispiel einer anhaltenden Zuckerausscheidung muß die süße Lippie (Lippia dulcis) erwähnt werden, ein kleiner Strauch, dessen jüngsten Zweige, Blätter, Brakteen und Kelche mit kleinen, glänzenden, ungestielten Drüschen bestreut sind, welche beständig einen zuckersüßen Saft ausschwizen und den Fingern, bei Berührung der Pflanze, den süßen Geschmack mittheilen.

Die krystallischen Körner von reinem Zucker welche (nach Jäger) auf der innern Seite der obern Zipfel in der Blume des pontischen Alpbalsams (Rhododendron ponticum) und (nach Aiton) auch in der Blume der prächtigen Strelizie (Strelitzia Reginae) ausgeschwizt werden, sind gleichfalls als Auswurfsstoff zu betrachten, während die aus der Manna-Esche (Ornus europaea) durch in die Rinde gemachte Einschnitte, dann bei diesem und andern Bäumen und Sträuchern, wie der Lärche (Pinus Larix), der Manna-Tamariske (Tamarix gallica var. mannifera) auf dem Sinai, des türkischen Süßklees (Hedysarum Aehagi) u. m. a., durch Insektenstiche ausfließende Manna nicht zu den natürlichen Auswurfsstoffen gerechnet werden kann, so wenig als die übrigen auf abnorme Weise auf der Oberfläche der Pflanze austretenden Nahrungs- und Bildungssäfte, welche durch Verlezung, durch krankhaften Zustand der Pflanze oder durch Absterben der äußern Rinde zum Ausfließen veranlaßt werden, wie der süße, von den Blättern zuweilen ausgeschwizte, unter dem Namen Honigthau bekannte Saft, das Gummi der Kirschen-, Mandel- und Pflaumenbäume, das Harz der Fichten, und viele andere solcher Ausleerungen, die

besonders bei gummi- und harzreichen Pflanzen der wärmern Himmelsstriche gefunden werden, und bei diesen häufig auch durch einen allzugroßen Ueberfluß an solchen Säften erzeugt seyn mögen.

Die zur Zeit der Befruchtung von den Narben der Pistille ausgeschwizte, mehr oder minder schmierige oder klebrige Feuchtigkeit, welche zwar zum Befruchtungsgeschäfte nothwendig scheint, um die Pollenkörner auf der Narbe fest zu halten, muß dennoch, als eine aus dem Kreise der innern Lebensverrichtungen getretene Substanz, streng genommen den Auswurfsstoffen beigezählt werden. Ueber ihre wahre Natur und chemische Zusammensetzung ist indessen noch nichts bekannt.

Endlich bleiben uns noch diejenigen Stoffe übrig, welche durch die Wurzeln ausgeleert werden, und von denen schon früher (S. 267) die Rede war. Macaire fand, daß diese Ausleerungen bei Tag und Nacht und im Hellen wie im Finstern vor sich gehen, daß sie die Nacht hindurch sogar beträchtlicher und daß die ausgeschiedenen Substanzen bei verschiedenen Pflanzen von sehr verschiedener Beschaffenheit sind. Bei den Hülsenpflanzen war die durch die Wurzeln ausgeschwizte Substanz ein gummiähnlicher Stoff mit einer geringen Menge kohlensauren Kalks verbunden; bei den Gräsern enthielt sie, neben höchst wenig Gummi, salzsaure und kohlensaure Alkalien und Erden; bei den Papaveraceen und Cichoriaceen war dieselbe bräunlich, bitter, dem Opium ähnlich, und enthielt bei den erstern, außer Gerbestoff, einen braunen Extraktivstoff, Gummi und einige Salze; bei den Wolfsmilcharten war es eine gummiharzige, gelblichweiße und scharfschmeckende Materie. Wenn die Versuche Macaire's wirklich in allen angeführten Fällen an Pflanzen mit unversehrten Wurzeln angestellt wurden, so würde sich aus ihnen mit ziemlicher Gewißheit schließen lassen, daß es besonders die eigenen Säfte der Pflanze seyen, deren sich die leztere vermittelst dieser Wurzelexkretion zum Theil entledigt, und dieses würde zugleich einen weiteren Beweis für das Absteigen des eigenen Saftes von den Blättern nach der Wurzel abgeben.

§. 178.

Bei Gelegenheit der Einsaugung der Nahrungsstoffe wurden schon (S. 265) einige Andeutungen in Bezug auf die Schma-

rotzerpflanzen gegeben, woraus hervorgeht, daß diese gewissermaßen zu betrachten sind als Säuglinge, welche einer fremden Pflanze gewaltsam das Amt einer nährenden Pflegemutter aufdringen. Dieses gilt jedoch nur von den wahren Schmarotzern, welche wirklich Nahrung aus der fremden Pflanze schöpfen, während die falschen Schmarotzer auf derselben nur eine oberflächliche Anheftung finden und daher ihre Nahrung aus der Luftfeuchtigkeit aufnehmen müssen. Wir betrachten hier von den erstern nur die mit einem Gefäßsysteme und mit deutlicher Blüthen- und Fruchtbildung versehenen (d. h. die phanerogamischen) Schmarotzer; von den kryptogamischen Parasiten wird erst später, bei den Krankheiten der Pflanzen, die Rede seyn.

Alle phanerogamischen Schmarotzer scheinen mit ihren Wurzeln oder Saugwarzen bis zu den Gefäßbündeln, also, da sie fast ausschließlich auf dikotyledonischen Pflanzen vorkommen, bis zum Baste und Holzkörper einzudringen (S. 32). Sie werden daher nach ihrem Bedürfnisse sowohl den im Holze aufsteigenden als auch den in der Rinde absteigenden Saft ihrer Pflegemutter einsaugen können, von welcher sie dann im ersten Falle eine noch wenig veränderte Nahrungsflüssigkeit, im andern Falle aber einen schon weiter verarbeiteten Nahrungs- oder Bildungssaft erhalten. Dieser Aufnahme eines noch wenig veränderten, oder eines durch die fremde Pflanze schon mehr assimilirten Saftes scheint der ganze Bau dieser Parasiten genau zu entsprechen. Die mit vollkommen ausgebildeten, grünen Blättern und auf diesen mit zahlreichen Spaltöffnungen versehenen, welche sich darin mehr den übrigen grünen Pflanzen nähern, zeigen auch dadurch schon eine größere Fähigkeit an, die von ihnen aufgenommenen Säfte selbst in ihren eigenen Nahrungs- oder Bildungssaft umzuwandeln, während die bleichgefärbten, nur mit häutigen und schuppenförmigen Blattansätzen versehenen Schmarotzer, welche keine oder nur sehr wenige Spaltöffnungen besitzen, eben dadurch auf ein geringeres Vermögen, ihre Nahrung sich selbst zu assimiliren, hinzudeuten scheinen.

Zu den grünen Schmarotzerpflanzen gehören von den inländischen der gemeine oder weiße Mistel (Viscum album) und die europäische Riemenblume (Loranthus europaeus), welche beide einen holzigen, in zahlreiche Gabeläste verzweigten

Stamm besitzen und durch ihre in den sie tragenden Baum eingesenkte und mit, dessen Substanz mehr oder weniger verschmolzene Wurzel nur mit dem Holzkörper desselben in Verbindung stehen, während seine Rinde rund um den Parasitenstamm abgestorben ist. Dieser kann also nichts von dem schon mehr assimilirten Rindensafte des Baumes aufnehmen, sondern muß den im Holze aufsteigenden, noch wenig veränderten Saft einsaugen, um ihn in seinem eigenen Gewebe zu verarbeiten, wobei seine grünen Blätter, wie bei andern Pflanzen, das überschüssige Wasser und die untauglichen Gasarten aushauchen. Diesen Pflanzen muß also der fremde Baum nur die einsaugende Funktion der Wurzel ersetzen, da diese Funktion denselben in dem Maße abgeht, daß der von seiner Säugamme getrennte und mit seinem untern Ende in Wasser gestellte Mistel nicht im Stande ist, dasselbe einzusaugen und daher sehr bald absirbt. Da jedoch der in dem fremden Baume aufsteigende Saft, bis er zu dem Parasiten gelangt, immer schon etwas verändert und wenigstens schon eines Theiles seiner gasartigen Stoffe beraubt ist, so wird der Assimilationsprozeß bei dem leztern jedenfalls einfacher seyn, als bei solchen Pflanzen, die aus dem rohen Safte des Bodens ihre Nahrungs- und Bildungssäfte sich bereiten müssen. Für diesen vereinfachten Assimilationsprozeß scheint auch der anatomische Bau zu sprechen, da wenigstens der Mistel keine Gefäße besizt, sondern in den Bündeln, welche die Stelle der Gefäßbündel bei andern Pflanzen einnehmen, nur dickwändige, punktirte Zellen enthält, deren ganzer Bau anzudeuten scheint, daß sie nicht die Funktion der Gefäße haben, sondern mehr den gewöhnlichen Holzzellen verwandt sind. Daß jedoch der aufgesogene halb assimiljrte Saft nur solche Nahrungsstoffe enthalte, welche ziemlich allgemein in den Pflanzen angetroffen werden, bezeugt das Vorkommen des Mistels auf sehr verschiedenen Bäumen und Sträuchern; denn obgleich derselbe vorzugsweise auf gewissen Bäumen, namentlich auf Aepfel- und Birnbäumen sich ansiedelt, so ist doch bekannt, daß er auch auf vielen andern ein gedeihliches Fortkommen findet. Man hat ihn unter andern noch auf verschiedenen Obstbäumen (dem Pflaumen-, Wallnuß- und Mandelbaum), ferner auf Pappeln, Linden, Robinien, Eschen, auf dem Wein-

stock, auf Nadelholzbäumen und sogar auf dem Stamme der europ. Riemenblume gefunden, die doch selbst eine Schmarotzerpflanze ist. Daraus läßt sich aber auch wieder umgekehrt der Schluß ziehen, daß der in dem Holze dieser verschiedenen Bäume aufsteigende Saft im Allgemeinen ziemlich übereinstimmend seyn müsse, weil sonst diese Schmarotzer denselben nicht so ohne Unterschied zu ihrer Nahrung benutzen könnten.

Unter den bleichgefärbten, mit schuppenförmigen, gleichsam verkümmerten Blättern versehenen Schmarotzerpflanzen gibt es auch manche, welche alle ihre Nahrung aus der sie tragenden Pflanze empfangen, da sie entweder durch ihre Stengelbasis (oder Wurzel?) mit der Substanz der Wurzel jener Pflanze verwachsen sind, wie der Hypozist (Cytinus Hypocistis) und die Cynomorien, oder durch Saugwarzen sich befestigen, deren Spitzen durch die Rinde der Wurzeln oder der Stengel fremder Pflanzen bis auf den Bast- und Gefäßbündelkreis eindringen, wie die Schuppenwurz (Lathraea), die sich mit den verdickten Enden aller ihrer Wurzelzasern an die Wurzeln der Waldbäume (z. B. der Hainbuche) anfaugt, und die Flachsseiden (Cuscuta), deren fadenförmige Stengel durch zahlreiche Saugwarzen jenen anderer Pflanzen sich anheften. Andere dagegen, wie die Ohnblatt- und Sommerwurz-Arten (Monotropa, Orobanche), sind mit einer wirklichen Zaserwurzel versehen, und entweder nur mit der Basis ihres Stengels, oder mit einem Theil ihrer Wurzelzasern vermittelst seitlicher, aus diesen entspringenden Saugwarzen auf die Wurzeln fremder Pflanzen angeheftet, so daß sie nur zum Theil ihre Nahrung aus der leztern, zum Theil aber unmittelbar aus dem Boden zu empfangen scheinen. Während die ersten also, gleich dem Mistel, ganz auf Kosten der sie tragenden Pflanze leben, ist es wahrscheinlich, daß die lezteren zwar einen rohen Saft aus dem Boden einsaugen, diesen aber nicht gehörig selbst verarbeiten können, sondern erst an die fremde Pflanze abgeben müssen, von welcher sie dann einen schon mehr assimilirten Saft zurückerhalten, den sie nun erst vollends zu ihrem Verbrauche zuzubereiten im Stande sind. Bei allem dem scheinen diese bleichen Schmarotzer, im Vergleiche zu den übrigen Gefäßpflanzen, eine geringere Assimilationsthätigkeit zu besitzen und sich hierin mehr den im Finstern verbleich-

ten Pflanzen ähnlich zu verhalten, da sie in ihrem meist weichen und saftigen Gewebe weit weniger kohlenstoffreiche Verbindungen (z. B. keine feste Holzfaser und keinen grünen Farbstoff) erzeugen, wofür auch noch der theilweise Mangel der Spaltöffnungen und ihre wenigen und äußerst feinen Gefäße sprechen. Aus der geringen Ausbildung des Gefäßsystems dieser Pflanzen, welche insgesammt schon mehr verarbeitete Säfte in sich aufnehmen, scheint endlich hervorzugehen, daß die Funktion der Gefäße überhaupt nicht in der Zuleitung des Saftes bestehe, sondern (wie dieses schon früher mehrmals ausgesprochen worden) auf die weitere Verarbeitung desselben einen nähern Bezug habe.

Uebrigens dürfen wir uns nicht verhehlen, daß wir über die eigentliche Lebensgeschichte der Schmarotzer, so merkwürdig auch diese Pflanzen in jeder Beziehung sind, noch gar sehr einer nähern Aufklärung bedürftig sind.

§. 179.

Ehe wir den Abschnitt über die Assimilation der Pflanzen verlassen, wollen wir noch einmal die quantitative Zusammensetzung der aus diesem Lebensakte hervorgehenden organischen Verbindungen, wie sie uns die (S. 281) mitgetheilte Reihe vor Augen stellt, überblicken, um zu sehen, welche Folgerungen für das Assimilationsgeschäft hinsichtlich der verschiedenen Stufen, so diese Verbindungen in ihrer Reihe einnehmen, vom chemischen Gesichtspunkte aus sich ergeben *).

Wie uns jene Tabelle zeigt und wie wir aus den vorhergegangenen Erklärungen wissen, sind Kohlensäure und Wasser (des durch die Wurzeln eingesogenen, mit Humusextrakt mehr oder weniger gesättigten rohen Saftes) die vorzüglichsten unorganischen Materialen, aus welchen die Pflanzen unter Einwirkung des Lichtes und der Wärme die verschiedenen organischen Verbindungen hervorbringen. Dieses geschieht durch Freimachung des in der Koh-

*) Es ist hierbei die Abhandlung von Leop. Gmelin: „Ueber die chemische Umwandlung der organischen Verbindungen“ (in Tiedemann und Treviranus Zeitschr. für Physiol. III, S. 172—191) zum Grunde gelegt, welche viel Lehrreiches in dieser Beziehung enthält.

lensäure enthaltenen Sauerstoffs, während der Kohlenstoff derselben sich mit bestimmten Mengen von Sauerstoff und Wasserstoff des Wassers zu organischen Verbindungen vereinigt. Je weiter diese organisirende Thätigkeit der Pflanzen auf dargebotene Kohlensäure und Wasser fortgeschritten ist, um so vollständiger ist der Sauerstoff der Kohlensäure ausgetrieben und eine um so größere Menge von Kohlenstoff ist mit einer um so kleineren Menge von den Bestandtheilen des Wassers verbunden, und bei noch weiter geführter Organisirung ist von den Bestandtheilen des Wassers auch ein Theil des Sauerstoffs entweder unmittelbar ausgetrieben, oder er hat sich während der nächtlichen Verrichtungen der Pflanzen mit etwas Kohlenstoff vereinigt und als Kohlensäure entwickelt, so daß organische Verbindungen entstehen, welche neben Kohlenstoff und den Bestandtheilen des Wassers noch einen Ueberschuß von Wasserstoff enthalten. Hiernach zerfallen die stickstofffreien organischen Verbindungen in drei Abtheilungen:

1) Solche, die neben Kohlenstoff und Wasser noch eine gewisse Menge von Sauerstoff enthalten (auf der Tabelle Kleesäure — Aepfelsäure).
2) Solche, die bloß aus Kohlenstoff und Wasser bestehen (wenigstens eine so unbedeutende Menge von überschüssigem Sauerstoff oder Wasserstoff enthalten, daß diese unbeachtet bleiben kann) (Zucker — Pflanzenfaser).
3) Solche, die neben Kohlenstoff und Wasser noch Wasserstoff (in einer bedeutendern Menge) enthalten (Leinöl — Rosenöl, Kampher — Harz der Wachholderbeeren).

Demnach wären die zur ersten Abtheilung gehörenden, weniger brennbaren organischen Verbindungen, deren Mischungsverhältniß noch dem des rohen Saftes näher steht, als die niedersten, die zu der dritten gehörenden als die höchsten zu betrachten, und wir hätten also nach dieser Uebersicht die stärkern organischen Säuren im Allgemeinen für niedrige organische Verbindungen zu halten, in welchen der Sauerstoff mehr beträgt, als zur Sättigung des Wasserstoffs erforderlich ist. Hierauf folgen Zucker, Gummi, Stärkmehl, Pflanzenfaser, in welchen der Sauerstoff ziemlich genau in dem Verhältnisse vorhanden ist, um mit dem gegebenen Wasserstoff Wasser zu erzeugen. Endlich folgen die fetten und flüchtigen Oele, mit den Harzen, bei welchen der Wasser-

stoff überwiegend ist, und zwar so, daß bei einigen flüchtigen Oelen und beim Federharz der Sauerstoff ganz zu fehlen scheint. Hieraus ergibt sich nun zwar die ganz natürliche Folgerung, daß, wenn die Umwandlung der organischen Verbindungen bei der Assimilation genau nach dem aufsteigenden Gange von den niedrigen zu den höhern Verbindungen stattfände, die Pflanzen zuerst stärkere Säuren bereiten, diese dann in Zucker, Gummi, Stärkmehl und Pflanzenfaser, oder bei noch weiter gehender Thätigkeit in Fett, flüchtiges Oel, Harz u. s. w. überführen würden; aber die Erfahrung lehrt, wie schon (S. 179, 180) angedeutet worden, daß bei der chemischen Umwandlung dieser Verbindungen keine streng eingehaltene Folge stattfindet, sondern daß die lebende Pflanze aus dem Nahrungssafte auch, mit Ueberspringung der niedrigen Verbindungen, sogleich Verbindungen einer höhern Abtheilung erzeugen könne. Dadurch, so wie durch die häufige Wiederumbildung einer höhern Verbindung in eine niedrige, scheint die angedeutete natürliche Folge stets gestört zu werden. Auch auf einer andern Seite zeigen sich manche Widersprüche, z. B. bei der Essigsäure, die sich durch ihr häufiges Vorkommen in dem aufsteigenden Safte der Bäume als eine niedrige organische Verbindung darstellt, aber wegen ihres fast gänzlichen Mangels an überschüssigem Sauerstoff und ihres großen Kohlenstoffgehaltes in unserer Tabelle eigentlich noch nach dem Stärkmehl gesetzt werden müßte. Bei allem dem steht aber doch der von Wahlenberg*) aufgestellte Schluß, den auch die durchgeführte Betrachtung des Assimilationsprozesses im Ganzen bestätigt, wohl fest, daß nämlich die Produkte der Vegetation succesiv entstehen und daß es eine bestimmte Produktionsreihe gibt, in welcher sich aus der einen organischen Verbindung eine höhere und aus dieser wieder eine höhere u. s. f. erzeugt. Es ist zwar nicht damit gesagt, daß aus dem rohen Safte immer zuerst eine starke Säure werden muß, wenn er zu Zucker, oder aus dem Zucker immer erst Gummi, wenn er zu Stärkmehl werden soll u. s. w., sondern es gibt hier, wie in der Metamorphose der äußern Organe der Pflanze, häufige

*) G. *Wahlenberg*, De sedibus materiarum immediatarum in plantis Upsal. 1816—17.

Bildungen, die mit Ueberspringung einer Stufe, sowohl aus dem rohen Safte als aus schon vorhandenen Verbindungen hervorgerufen sind. Immer aber wird, wenn wir den allgemeinen Gang der Assimilation im Auge behalten, die angedeutete Ordnung in den Umwandlungen der organischen Verbindungen in der Pflanze nicht zu verkennen seyn.

5. Von dem Wachsthum der Pflanzen.

§. 180.

Auf der höhern Stufe des vorhin verfolgten Ganges der Assimilation sahen wir aus dem Bildungssafte das Cambium entstehen, und aus diesem die neuen Zellen- und Gefäßmembranen hervorgehen. Durch diese andauernde Erzeugung neuer Elementarorgane außerhalb der alten muß sich nothwendig die Masse der Pflanze fortwährend vermehren; dadurch müssen sich aber ihre zusammengesezten oder äußeren Organe vergrößern, und diese stete Vergrößerung aller einmal vorhandenen Theile der Pflanze nennen wir ihr Wachsthum. Jedes einzelne Elementarorgan wächst schon durch Dehnung seiner Membran, die kugelige und tessularische Zelle vom Centrum aus gleichförmig nach allen Richtungen, die gestreckte Zelle und Gefäßröhre mit ihrer Faser durch vorherrschende Längendehnung; daher erscheint auch bei allen Gefäßpflanzen das Wachsthum in der Richtung der Längenachse überwiegend. Da jedoch die Art des Wachsthums nach den verschiedenen anatomischen Systemen, welche eine Pflanze besizt, und nach der verschiedenen gegenseitigen Stellung dieser Systeme in dem Pflanzenkörper manche Abwechselung darbietet, so wollen wir das Wachsthum nacheinander in den aus diesen verschiedenen anatomischen Verhältnissen hervorgehenden Abtheilungen des Pflanzenreiches betrachten, indem wir mit den einfachern Zellenpflanzen beginnen und dann zu den kryptogamischen Gefäßpflanzen, hierauf zu den einsamenlappigen und endlich zu den zweisamenlappigen Pflanzen übergehen.

a. Von dem Wachsthum der Zellenpflanzen.

§. 181.

Die einfachsten Pflanzen dieser Abtheilung, wie sie sich unter den Staubpilzen, den Fadenpilzen und Gallert-

algen finden (Fig. 1, 3—6), verhalten sich in ihrem Wachsthum wie die einzelne Zelle; sie zeigen eine bloße Ausdehnung ihrer Membran bis zur bestimmten Größe. Die mit einem aus einer oder mehreren Zellenreihen gebildeten Fadenstamme versehenen Fadenpilze, Fadenalgen und Characeen (Fig. 11—16, Fig. 199–206, Fig. 208 und 209) setzen über den alten neue Zellen an, deren jede sich wie die vorigen vergrößert, so daß die Pflanze von ihrem Grunde nach dem Gipfel hin wächst. Unter den mehr zusammengesezten Zellenpflanzen sind zuerst die mit einem flach ausgebreiten laubartigen oder krustigen Lager versehenen Flechten (Fig. 152 und 154) zu erwähnen; diese wachsen nämlich, indem sich nach allen Seiten in gleicher Ebene neue Zellen um die alten anlegen, und das Lager demnach sich ringsum, von dem Mittelpunkte nach dem Rande hin, vergrößert, so daß hier ein centrifugales Wachsthum deutlich erkannt wird. Dieses scheint auch, obgleich weniger deutlich ausgesprochen, noch bei manchen Haut- und Gallertalgen (Ulva, Rivularia, Nostoc) vorzukommen. Auch bei den höheren Pilzen tritt ursprünglich (in dem Unterlager, Fig. 196, A) ein centrifugales Wachsthum auf, welches sich in dem fruchttragenden Theile des Pilzes, namentlich wo derselbe ungestielt ist (Fig. 180) wiederholt; sobald aber ein deutlicher Strunk hinzutritt, zeigt dieser, in der Dehnung nach der Richtung seiner Achse, schon ein deutliches Wachsthum in die Länge, während in der vom Strunke unterstüzten, die Fortpflanzungsorgane tragenden Ausbreitung, z. B. im Hute der Blätter- und Löcherpilze (Fig. 169, 174, 182, Fig. 185—192) und in dem Becher der Pezizen (Fig. 176 und 183), immer noch die centrifugale Tendenz des Wachsthums ausgesprochen ist. Bei den Keulenpilzen (Fig. 168 und 175) und den gestreckten Formen der Kernpilze (Fig. 178) ist aber auch in den fruchttragenden Gipfeln nur ein Wachsthum in die Länge gegeben. Dieses einseitige Längen-Wachsthum von dem Anheftungspunkte oder dem Grunde gegen den Gipfel, kommt nun bei allen mit einem stiel- oder strauchähnlichen Lagerstamme versehenen Flechten (Fig. 148—150) und Algen (Fig. 157 und 158) vor, und wenn auch dabei die Zellenmasse der lezteren häufig in einer gewissen Höhe zu einem laub- oder blattähnli-

chen Gebilde sich ausbreitet (Fig. 160 und 161), so kann doch selbst in dieser Ausbreitung die vorherrschende Dehnung nach der Längenachse nicht verkannt werden. Von hier aus wird dieses einseitige Wachsthum aus dem Gipfel bei allen Zellenpflanzen, bis zu der höchsten Stufe dieser Abtheilung, wo schon ein Stengel mit deutlicher Blattbildung auftritt, nämlich bei den Moosen (Fig. 136—141) und Lebermoosen (Fig 142—144), als das vorherrschende wahrgenommen. Hiernach haben wir also bei den Zellenpflanzen zwei Arten des Wachsthums, ein centrifugales und ein Gipfelwachsthum zu unterscheiden. Wie wir aber diese beiden Wachsthumsweisen an der nämlichen Pflanze unter den Pilzen vereinigt sahen, so gibt es auch noch andere Beispiele von Zwischenstufen und Uebergängen zwischen beiden. So zeigt das Wachsthum mehrerer Tartschenflechten (Cetraria islandica, C. cucullata, C. nivalis) gleichsam ein Mittelverhältniß zwischen dem centrifugalen und Gipfelwachsthum. Unter den Lebermoosen ist das Laub der meisten Ricceen und selbst eines Theils der Marchantieen) bei diesen nämlich das aus den Brutkeimen hervorgegangene) hierher zu zählen, wo ursprünglich ein centrifugales Wachsthum vorhanden ist (Fig. 306 *) und erst später, bei den vom Centrum aus getrennten Zipfeln des Laubes, das anfänglich nach der Peripherie gerichtete Wachsthum, in Bezug auf die selbstständig fortbestehenden einzelnen Zipfel, ein gipfeliges wird.

b. Von dem Wachsthum der kryptogamischen Gefäßpflanzen.

§. 182.

In dem Stamme der kryptogamischen Gefäßpflanzen treffen wir entweder ein einziges, die Achse durchziehendes Gefaßbündel an, wie bei den Rhizokarpen (S. 34) und Lykopodiaceen (S. 56), oder es sind die Gefäßbündel in einen einzigen mehr oder weniger geschlossenen Kreis zusammengestellt, wie bei den Schafthalmen (S. 37), den Farnen (S. 38) und Ophioglosseen (S. 40). In beiden Fällen nehmen vom Zeitpunkte des Keimens an, wo sich die junge Gefäßpflanze zu entwickeln beginnt, die (wie in allen neuentstehenden Theilen) anfangs kleinern und mehr zusammengedrängten Elementarorgane,

durch die Ausdehnung ihrer Membranen, bis zu einem gewissen Grade an Umfang zu, wobei dann der Stamm selbst an Durchmesser gewinnt und in die Dicke wächst; dann aber hört alles Wachsthum nach dem Durchmesser auf, und der ganze Stamm, nebst den Aesten wächst, mit Beibehaltung einer gleichen Dicke, nur noch von dem Gipfel aus weiter, indem sich in seinem untern Theile keine neuen Elementarorgane um die ältern anlegen, sondern alle neuen Bildungen nur über den ältern entstehen, und so das Wachsthum dieser Pflanzen gewissermaßen bloß in einer weitern, nach oben fortgehenden Entwicklung der im untern Theile des Stammes einmal vorhandenen anatomischen Systeme besteht.

An dem ersten Punkte oder Knoten, der sich beim Keimen dieser Pflanzen bildet und aus welchem die ersten Blätter oder Stengel und Wurzelzasern sich entwickeln, sieht man alle diese Theile nur dünn und zart; die folgenden aber erscheinen immer stärker und kräftiger, und da es sich hier, namentlich bei den Farnen, ganz deutlich verfolgen läßt, wie der Stamm nur durch die verwachsenen Basen der Blätter entsteht, welche bei der jungen Pflanze mit jedem neuen Blattkreise, der sich über dem vorhergehenden erzeugt, größer und mehr ausgebildet erscheinen, so wird es ganz klar, daß mit jedem neuen kräftigern Triebe auch in diesem die Gefäßbündel des Stammes umfangreicher auftreten, zugleich das Parenchym desselben nach allen Seiten sich vermehren und so der Stamm neben seinem Wachsthum in die Länge, nach oben zugleich an Umfang zunehmen müsse. Jedoch ist es nur der wiederholt verjüngte Gipfel, welcher gleichsam absatzweise an Dicke zunimmt; jeder untere, einmal gebildete Theil des Stammes nimmt nicht mehr an Umfang zu. Diese Zunahme des Durchmessers im Gipfel findet indessen nur so lange statt, als die neu entstehenden Blätter noch immer in allen Theilen kräftiger und mehr ausgebildet erscheinen als die zunächst vorhergehenden; sobald sie aber diejenige Stufe der Ausbildung erreicht haben, welche ihnen überhaupt bei der ausgewachsenen Pflanze zukommt, so bleiben die Blätter der folgenden Triebe jenen der frühern an Größe gleich, und der aus seinem Gipfel sich verlängernde Stamm, der nur aus der Verwachsung der bleibenden Blätterbasen hervorgegangen, muß darum von

hier an auch eine gleiche Dicke beibehalten. Daher sehen wir auch die Formen des senkrechten oder schiefen Farnstockes von ihrem untern (ältern) dünnen Ende aus anfangs in Gestalt eines verkehrten Kegels verdickt und dann erst in einer gleichen Dicke aufwärts strebend. Bei allen mit verlängerten, faden- oder strangförmigen Stämmen versehenen kryptogamischen Gefäßpflanzen läßt sich ebenfalls erkennen, daß ihr Wachsthum wirklich nur von unten nach dem Gipfel gerichtet ist, wobei bis zu einem gewissen Zeitpunkte die nacheinander aus dem Anfangspunkte des Wachsthums oder aus den ältern Theilen entspringenden Triebe die vorhergehenden an Umfang übertreffen, sie selbst aber in gleicher Dicke nur in der Richtung des Gipfels weiter wachsen, so daß also bei dieser ganzen Gewächsklasse, wie bei den höhern Zellenpflanzen, nur ein Gipfelwachsthum stattfindet.

Von dieser Regel scheint der knollenförmige Stamm des **Brachsenkrautes** (Isoëtes) (Fig. 108, a), dessen Bau schon (S. 35) angegeben wurde, abzuweichen. Hier sieht man nämlich die ältern Blätter nach Außen, die jüngsten aber in dem Mittelpunkte der obern vertieften Fläche des kuchenförmigen Stockes und daher sogar tiefer als jene stehen, so daß von den ältern zu den jüngern Theilen das Wachsthum am Umfange beginnend und gegen den Mittelpunkt fortschreitend, oder mit andern Worten ein **centripetales** seyn muß. Denken wir uns jedoch das äußerste Blatt an seiner Stelle bleibend und die nach Innen stehenden nur um so viel über dasselbe erhoben als sie von ihm abstehen, so daß der (in unserer Figur) sie tragende Bogen mit seinem hintern tiefern Ende in die Höhe gerichtet wäre, so erhalten wir ein von unten nach oben fortschreitendes oder ein Gipfelwachsthum, wie es etwa bei dem verkürzten Farnstocke vorkommt. Es ist also die Ausnahme hier nur scheinbar, da der Gipfel eines jeden zur Scheibenform sich ausbreitenden Stammes in die Mitte der obern Scheibenfläche fallen muß, und wenn diese Fläche vertieft ist (wie in unserm Beispiele), selbst tiefer zu liegen kommt als die ihrem Ursprunge nach untern Blätter. Darum sind das centripetale und Gipfelwachsthum ihrem Wesen nach einerlei, und wir können jedes gipfelige Wachsthum als ein **centripetales** dem **centrifugalen** entgegensetzen.

An dem kuchenförmigen Stamme des Brachsenkrautes läßt es sich übrigens leicht verfolgen, wie die älteren Blätter allmälig durch die fortwährend aus dem vertieften Gipfel neu entstehenden gegen den Umfang, und von da endlich nach unten zurückgedrängt werden. Da alle in die Blätter und Wurzelzasern eingehenden Gefäßbündel aus dem die Mitte der Stammsubstanz einnehmenden Gefäßknäuel entspringen, so sehen wir dieselben auch auf einem vertikalen Durchschnitte des Stammes strahlig nach allen Richtungen gegen den Umfang hin verlaufen; dabei ist aber wohl zu bemerken, daß sich hier so wenig, wie bei den übrigen kryptogamischen Gefäßpflanzen, ein neuer Kreis von Gefäßbündeln um den einmal vorhandenen anlegt und die Zunahme des Querdurchmessers des Stammes hängt hier allein ab von dem Zurückschieben der ältern (eigentlich untern) Theile durch die jüngern nach Außen hin, aber nicht durch eine Vermehrung der Masse in diesen Theilen, die in sich keine neuen Elementarorgane mehr erzeugen.

c. Von dem Wachsthum der einsamenlappigen Pflanzen oder der Monokotyledoneen.

§. 183.

Daß das Wachsthum der einsamenlappigen von dem der kryptogamischen Gefäßpflanzen verschieden seyn müsse, läßt schon die allgemeine Vergleichung ihres innern Baues (§. 105) erwarten, wie uns dann überhaupt die aufmerksame Untersuchung des anatomischen Baues der sicherste Wegweiser wird zur Erforschung der Wachsthumsweise, namentlich bei den Gefäßpflanzen. So finden wir nun bei den Monokotyledoneen ebenfalls eine fortwährende Verlängerung des Stammes nach oben, wie bei den Pflanzen der vorigen Klasse; dabei behalten aber die übereinander entstehenden Triebe nicht , wie bei jenen, ihren ursprünglichen Durchmesser bei, sondern sie nehmen, wie sie älter werden, an Umfang zu. Es ist hier nicht mehr eine bloße Fortsetzung der im untern Theile des Stammes einmal vorhandenen anatomischen Systeme und eine ununterbrochen nach Oben fortgehende Entwickelung derselben gegeben, sondern es entstehen im Umfange der ältern und außerhalb derselben fortwährend neue Gefäßbündel, welche, indem sie die bereits vorhandenen umschließen, sich auch über

dieſelben hinaus verlängern und in die Gipfeltriebe eingehen, ſo daß hier außer dem gipfeligen noch ein peripheriſches Wachsthum auftritt. Aber auch das Gipfelwachsthum erſcheint von jenem der kryptogamiſchen Gefäßpflanzen dadurch gänzlich verſchieden, daß es nur in der nach oben gehenden Entwicklung der im Umfange ſich anlagernden Gefäßbundel beſteht und keine Fortſetzung der ältern iſt, die ſich über den früheren Trieb hinaus, dem ſie angehörten, nicht mehr verlängern können. Während im Stamme der kryptogamiſchen Gefäßpflanzen die zu den Blättern gehenden Gefäßbündel nur von den ältern Bündeln abgehen und gewiſſermaßen nur Aeſte derſelben darſtellen, erhalten die Blätter der Monokotyledoneen jedesmal neue Gefäßbündel, welche außerhalb der ältern tief unten im Stamme entſtehen und dieſen bis in ſeinen Gipfel durchziehen *).

Da die Gefäßbündel häufig bei ihrem Entſtehen ſo äußerſt dünn ſind, und ſelbſt im baumartigen Palmſtecke an ihrem untern Theile nur haarfeine Fäden darſtellen (S. 46), ſo erklärt es ſich leicht, warum viele Monokotyledoneen-Stämme bei einem außerordentlichen Längenwachsthum nur ein verhältnißmäßig geringes Wachsthum in die Dicke zeigen, wozu die Rotangpalmen das auffallendſte Beiſpiel liefern, deren Stamm, bei einer Höhe von 500 bis 600 Fuß, nicht über einen Zoll dick wird. Dagegen beſitzt aber auch in anderen Fällen der Stamm, der einſamenlappigen Pflanzen ein ſehr bedeutendes Wachsthum in die Dicke, wie der alte Drachenbaum (Dracaena Draco) bei der Stadt Orotava auf Teneriffa bezeugt, deſſen Stamm, bei einer Höhe von 20 Fuß bis zu den Aeſten, an ſeinem Grunde 46 Fuß im Umfange mißt.

---

*) Die Anſicht, welche Defontaines über die Art des Wachsthums der Monokotyledoneen aufſtellte, und die von vielen Schriftſtellern bis auf die neueſte Zeit als die richtige betrachtet wurde, wornach nämlich bei dieſen Pflanzen die älteſten Gefäßbündel im Umfange des Stammes, die jüngeren aber gegen die Achſe hin ſtehen ſollten, daher das Wachsthum von der Peripherie nach der Mitte vor ſich gehen müßte, iſt von Hugo Mohl, der uns zuerſt den wahren Bau der einſamenlappigen Pflanzen kennen lehrte, auf das Gründlichſte widerlegt worden. Das peripheriſche Wachsthum und die Unmöglichkeit eines centralen oder axilen Wachsthums wird ſchon aus der einfa-

Das Längenwachsthum geht bei allen Monokotyledoneen nur nach einer Richtung, nämlich von dem Grunde des Stammes gegen seinen Gipfel hin, und nur während des Keimens sieht man bei vielen auch ein Wachsthum in entgegengesezter Richtung, welches aber mit dem Absterben des Keimwürzelchens sehr früh erlöscht. Wo demnach der Stamm bis zur Scheibenform verkürzt erscheint, wie bei vielen monokotyledonischen Zwiebelgewächsen, da sieht man auf dieser Scheibe die älteren Theile nach Außen und die jüngern nach Innen stehen und das Wachsthum erscheint centripetal. Daß dieses aber mit dem gipfeligen Wachsthum einerlei sey, ist bei dem knolligen Stocke des Brachsenkrautes vorhin erwiesen worden. So sehr aber auch das Wachsthum dieser scheibenförmigen und anderer knolligen Stämme, so wie überhaupt das einseitige Längenwachsthum der Monokotyledoneen mit dem einfachen Gipfelwachsthum der kryptogamischen Gefäßpflanzen im Aeußern übereinzustimmen scheint, so verschieden ist es nach seinen innern Ursachen, durch seinen innigen Zusammenhang mit dem peripherischen Wachsthum. Nur bei den (S. 34 angegebenen) einsamenlappigen Wasserpflanzen, aus der Familie der Najadeen, deren Stengel, wie bei den kryptogamischen Gefäßpflanzen, nur von einem einzigen Gefäßbündel in der Achse durchzogen wird, scheint in Folge dieses Baues auch ein bloßes Gipfelwachsthum gegeben zu seyn, so daß sie in dieser

---

chen Betrachtung des Querdurchschnittes eines holzigen Monokotyledoneenstammes, namentlich eines ältern Palmstockes einleuchtend, einmal, weil im Umfange die größte Zahl der Gefäß- und Bastbündel zusammengedrängt ist und also nach jener Ansicht die junge, noch minder kräftige Pflanze eine viel größere Menge dieser Bündel zu erzeugen im Stande seyn müßte, als später in ihrem kräftigsten Alter, da ja die nach Innen stehenden Bündel weit weniger gedrängt und zahlreich sind; zweitens, weil die holzigen und selbst viele krautartigen Monokotyledoneenstämme von Innen heraus absterben und hohl werden, was doch ein unläugbares Zeichen ist, daß in der Achse des Stammes die ältern Theile liegen müssen und also die Erzeugung der neuen Elementarorgane doch wahrlich nicht geradezu dem Tode entgegen geschehen kann. Nur die Durchkreuzung der jüngern äußern Bündel durch die ältern bei deren Austreten in die Blätter (S. 46), wovon man die wahre Ursache nicht erkannt hatte, konnte jene irrige Ansicht veranlassen.

Hinsicht von den übrigen Monokotyledoneen abweichen. Da endlich die Gefäßbündel bei den einsamenlappigen Pflanzen stets von einander getrennt stehen, so entsteht durch das fortwährende Ansetzen der neuern Bündel um die ältern keine erkennbare schichtenweise Anlagerung; jedes einzelne Bündel behält seine Bastlage für immer bei und wird oft ganz von derselben umgeben, daher können sich keine geschlossenen Holzringe und keine gesonderten Bastringe um diese bilden, wodurch bei diesen Pflanzen das peripherische Wachsthum gleichsam als ein auseinandergehaltenes zu betrachten ist.

d. Von dem Wachsthum der zweisamenlappigen Pflanzen oder der Dikotyledoneen.

§. 184.

Die dikotyledonischen Pflanzen stimmen zwar mit den Monokotyledonneen darin überein, daß ihr Stamm neben dem Wachsthum in die Länge auch ein peripherisches oder ein Wachsthum in die Dicke zeigt; aber ihr Längenwachsthum ist nicht immer bloß nach dem Gipfel des Stammes hin gerichtet, sondern bei allen mit einer Stammwurzel versehenen Dikotyledoneen geht dasselbe nach zwei direkt, wie die Pole des Magnets, einander entgegengesezten Richtungen; es ist ein polares Längenwachsthum. Da ferner bei den Pflanzen dieser Klasse die Gefäßbündel in mehr oder weniger geschlossenen, concentrischen Kreisen stehen, so muß auch das peripherische Wachsthum, durch die Anlagerung neuer Gefäßbündelkreise und die Erzeugung deutlich begrenzter Ringe außerhalb der ältern, bedeutend verschieden seyn und kann, im Gegensatz zu dem auseinandergehaltenen Wachsthum der Einsamenlappigen, als geschlossenes oder ringförmiges Wachsthum bezeichnet werden.

Wie auch immer die neuen Elementarorgane aus dem Cambium (vergl. S. 234) entstehen mögen, so viel ist gewiß, daß bei den Dikotyledonneen dieser bildungsfähige Schleim stets zu beiden Seiten des Bastkreises abgelagert wird, und daß sich aus demselben auf der innern Seite, zwischen dem Bast und Holzkörper die neuen Gefäßbündel, auf der äußeren Seite aber, zwischen dem Bast und der alten Rinde die neuen Rindenlagen bilden.

Bei den einjährigen Dikotyledoneen, wo gewöhnlich nur ein einziger Gefäßbündelkreis sich bildet, werden während des Wachsthums eines einzigen Sommers nur die einzelnen Gefäßbündel durch Ansetzen neuer Gefäße und gestreckter Holz- und Bastzellen vergrößert, wodurch sich in den ältern Theilen des Stammes die Bündel näher aneinander schließen und der Holz- und Bastring deutlicher hervortreten, wie man dieses z. B. im Bohnenstengel verfolgen kann, wenn man im Spätsommer die in verschiedenen Höhen genommenen Querdurchschnitte mit einander vergleicht. In andern Fällen sieht man, neben dieser Vergrößerung der einzelnen Bündel, auch noch neue Gefäßbündel zwischen die ältern sich einschieben, wie in in den einjährigen Aesten der glänzenden Salbei (Salvia splendens) und wahrscheinlich noch anderer Labiaten, wo in der Jugend nur 8 Gefäßbündel vorhanden sind, später aber zwischen denselben noch kleinere entstehen, so daß nun diese 16 Bündel durch die ebenfalls verbreiterte und im Gange des Wachsthums deutlicher entwickelte Bastlage alle zu einem achteckigen Ringe verbunden werden. Dann kommt es auch vor, daß während des Wachsthums in die Dicke, selbst in einjährigen Stengeln, außerhalb der zuerst vorhandenen, allmälig vergrößerten Gefäßbündel und durch eine Parenchymlage von ihnen getrennt, noch ein oder mehrere Kreise entstehen, welche nicht nur vollständige, d. h. mit Holz- und Bastkörper versehene, sondern auch zahlreichere Bündel als der innerste Kreis enthalten, da sich zwischen den vor die ältern gestellten, auch noch neue Bündel einschieben. Dieses findet unter andern bei den Gänsefuß-Arten statt, deren Stengel dadurch die (S. 57) erwähnten falschen Jahrringe erhält. Endlich gibt es einjährige Pflanzen, wie der ampferblättrige Knöterich (Polygonum lapathifolium), in deren Stengel die zuerst gebildeten Gefäßbündel sich wenig vergrößern, während zwischen ihrem Holz- und Bastkörper neue, viel größere Gefäßbündel sich einschieben, wodurch ein Ring entsteht, in welchem die Holzkörper der Bündel gerade voreinandergestellt und Außen mit einem doppelten Bastkreise umgeben sind. Auf ähnliche Weise geht auch das Wachsthum bei den zweijährigen Dikotyledoneen vor sich und bei den viele Jahre dauernden Stämmen der zweisamenlappigen Bäume und Stäucher besteht das Wachsthum in die Dicke nur in der alljährlichen Wiederho-

lung deſſen, was wir im Gefäßbündelkreiſe des Knöterichſtengels vorgehen ſehen.

Bei allen unſern Bäumen und Sträuchern iſt den Winter hindurch die Rinde mit dem Holze feſt verwachſen, ſo daß beide ſich nicht unverſehrt von einander trennen laſſen. Mit dem Ausbruch der Blätter im Frühling iſt hingegen überall die Rinde vom Holze leicht abzulöſen, und man erkennt, daß dieſes von der zwiſchen beiden befindlichen weichen, gallertartigen Subſtanz, die wir als Cambium bezeichnen, herrührt. Aus dieſem entwickeln ſich die neuen Pflanzentheile, die ſich zu beiden Seiten des Sitzes dieſer Subſtanz an die ſchon vorhandenen gleichnamigen Theile anlegen, ſo daß die Gefäße und Zellen des Holzes außen um den lezten Holzring, und die Zellen des Baſtes und der Rinde innerhalb der jüngſten Baſt- und Rindenlage abgeſezt werden. Auf der innern Seite der jüngſten Baſtlage ſchiebt ſich alſo zwiſchen ſie und den äußerſten Holzring ein neuer Gefäßbündelkreis ein, deſſen Holzſchichte an die alte und deſſen Baſtlage innerhalb der ältern liegt; auf der äußern Seite des ganzen Baſtkreiſes ſezt ſich zu gleicher Zeit zwiſchen dieſem und der alten Rinde eine neue Rindenlage an. Daher umgeben die jüngſten Holzringe die alten, während die jüngſten Baſt- und Rindenlagen von den ältern umgeben ſind. Da die jüngern Gefäßbündel immer gerade vor die ältern Bündel geſtellt ſind, ſo fallen auch die mit Parenchym erfüllten Zwiſchenräume oder die Markſtrahlen der neuen Ringe vor die ältern, ſo daß die Markſtrahlen mit der Erzeugung der Jahrringe ſich gleichzeitig nach Außen verlängern und immerfort mit dem Rindenkörper im Zuſammenhang bleiben.

Man kann ſagen, das Holz wächst von der Achſe nach dem Umfang, die Rinde dagegen von dem Umfang gegen die Achſe; es iſt alſo in dieſen beiden organiſchen Syſtemen das Wachsthum in die Dicke gerade entgegengeſezt; daher finden wir auch das älteſte Holz zunächſt um die Achſe, die älteſte Rinde aber im äußerſten Umfange der Bäume. Da ſich nun die alte Rinde nicht mehr erweitern kann, und doch alljährlich neue Rindenlagen unter derſelben entſtehen, die von den gleichzeitig gebildeten und denſelben gerade entgegentretenden neuen Holzringen fortwährend nach Außen gedrängt werden, ſo müſſen ſie ihrerſeits wieder die alte Rinde nach Außen drängen, welche dann an ältern Stämmen

und Aesten abstirbt, zuerst Risse bekommt und endlich in größern oder kleinern Krusten, Schuppen oder Bändern sich ablöst, wobei aber der Rindenkörper selbst dennoch nichts an Dicke verliert, sondern durch die von Innen sich stets erneuernden Lagen eine gleiche Stärke behält oder vielmehr jährlich an Durchmesser zunimmt. Aus dieser Wachsthumsweise der Rinde erklärt es sich auch, warum die eigenen Saftgänge derselben, z. B. die großen Harzgänge der Fichtenbäume, welche ursprünglich ganz nahe im Umfang des Bastes liegen, mit jedem Jahre der Oberfläche des Baumes näher rücken und sich zulezt nach Außen mit dem Zerreißen der abgestorbenen Rinde ergießen.

Die Ausbildung und Erhärtung der aus dem Cambium sich erzeugenden Schichten zu vollkommener Holz- und Rindensubstanz geschieht ziemlich rasch, und unterdessen wird während der jährlichen Wachsthumsperiode immer neues Cambium gebildet und zwischen den eben erzeugten neuen Holz- und Rindentheilen abgelagert. Man sieht daher in den Theilen, welche sich vom Frühling bis zum Herbste an den ältern Theilen zwischen Holz und Rinde erzeugen, immer zugleich junges Holz und Rinde in verschiedenen Stufen der Ausbildung. In unserem Klima gibt es jedoch viele Holzgewächse, bei welchen noch einmal im Sommer, wie im Frühling, die Rinde von dem Holze sich löst, weil dann wieder eine größere Menge von Cambium auf der Gränze zwischen beiden abgesezt wird, welches den Stoff zu einer vermehrten Erzeugung von Holz- und Rindensubstanz abgibt. Da diese wiederholt vermehrte Ablagerung des Cambiums gewöhnlich zwischen den Hälften der Monate Juli und August eintritt, so hat man dem sie veranlassenden neuen Saftzudrange den Namen Augustsaft gegeben. In der Rinde läßt sich wegen der gleichen Gestaltung ihrer Zellen keine deutliche Abgrenzung der jährlichen Schichten erkennen, und man kann in derselben gewöhnlich nur zwei, jedoch selten scharf begrenzte Lagen unterscheiden, eine innere frische und saftreiche, oft grüngefärbte, und eine äußere abgestorbene, trockene, meist braungefärbte*), welche jedoch nicht

*) Was einige, namentlich französische Schriftsteller als zellige Hülle (enveloppe cellulaire) unterscheiden, ist nur diese äußere Rindenlage, welche an krautigen Pflanzen und an den jüngsten Trieben der Holzgewächse gewöhnlich grün ist, an den ältern aber abstirbt und

als Jahrringe betrachtet werden können, da man sie eben so gut schon an den jungen Trieben eines Sommers, wie in der Rinde mehrjähriger Aeste wahrnimmt. Im Baste dagegen sind die jährlich nach einander erzeugten Schichten schon deutlicher geschieden; da dieselben aber in der Regel nur sehr dünn sind, so lassen sie sich meist nur auf einem zarten Querschnitt unter dem Mikroskop erkennen. Indessen gibt es auch nicht wenige Beispiele, wo sich an den ältern Aesten, wie unter andern bei der gemeinen Robinie (Robinia Pseudacacia), nach Hinwegnahme der eigentlichen Rinde, der Bast in seinen verschiedenen Jahresschichten leicht abblättern läßt. Die deutlichste Begrenzung der jährlich gebildeten Schichten tritt jedoch in dem Holzkörper auf; sie wird, wie schon (S. 59) angegeben worden, dadurch hervorgebracht, daß die innersten Gefäße und Zellen einer jeden Schichte, welche im Frühling, wo das Wachsthum am kräftigsten ist, erzeugt wurden, die größten sind, während die später, bei allmälig abnehmendem Wachsthum gebildeten äußeren enger und kleiner erscheinen. Daher werden auch nur die von den jährlichen Wachsthumsperioden herrührenden Schichten des Holzkörpers ausschließlich als Jahrringe bezeichnet.

Diese Jahrringe der dikotyledonischen Bäume, welche durch ihre Zahl das Alter der leztern anzeigen, erleiden mehrere Jahre nach ihrer Entstehung noch eine Veränderung, indem die Wände der Holzzellen sich mehr verdicken, härter, undurchsichtiger werden und eine dunklere Farbe annehmen, worauf der Uebergang des Splintes, in das Kern- oder Herzholz (S. 58) beruht. Dieser Uebergang, in dessen Folge die Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Brauchbarkeit des Holzes zunimmt, findet bei den verschiedenen Bäumen in sehr verschiedenen Zeitabschnitten statt, und

---

vertrocknet, wo dann De Candolle (Organogr. végét. I, 197) die äußerste Schichte derselben, gegen den allgemein angenommenen Sprachgebrauch, Oberhaut (épiderme) nennt, da doch die wahre Oberhaut nur in den ersten Jahren an den Aesten der holzigen Pflanzen noch vorhanden ist, später aber mit dem Aufreißen der Rinde zerstört wird. Die noch frische innere Rinde bis zum Baste will der genannte Schriftsteller nur als die eigentlichen Rindenlagen (couches corticales) gelten lassen. Diese Unterscheidungen sind jedoch nicht in der Natur begründet, und daher auch nicht wohl zu billigen.

ebenso ist auch der Grad der Festigkeit und Härte, welchen das Kernholz erlangen kann, nach der Verschiedenheit des Baumes verschieden. Selbst bei Bäumen einer und derselben Art ist der Zeitraum, in welchem der Splint in reifes oder Kernholz übergehen kann, nicht immer gleich, und er scheint sich nach dem Klima, Boden, Standorte und der Witterung zu richten, daher findet man bei Bäumen der nämlichen Art und gleichen Alters nicht immer eine gleiche Zahl von Jahrringen in Kernholz umgewandelt, und selbst solche Fälle sind gar nicht selten, wo die Jahrringe nicht in ihrem ganzen Umfange, sondern nur nach einer oder mehreren Seiten in reifes Holz übergegangen, in ihrem übrigen Theil aber noch Splint sind, so daß hier das Kernholz nicht ringsum durch einen Jahrring genau begrenzt wird. Im Allgemeinen haben die langsam wachsenden, immergrünen Bäume, wie die Stechpalme (Ilex Aquifolium), der Epheu, der Buchsbaum, ein festeres Holz als die schnellwachsenden und blattwechselnden, aber es gibt hierin doch viele Ausnahmen, denn das Holz der schnellwachsenden, blattwechselnden gemeinen Robinie z. B. ist fester als das der freilich kaum langsamer wachsenden; aber immergrünen Rothtannne. Besonders ausgezeichnet durch seine Festigkeit und Härte ist das Holz der Eisenholz-Stadmannie (Stadmania Sideroxylon), eines auf den Molukken und Mascaren-Inseln wachsenden Baumes aus der Familie der Sapindaceen, und des einblüthigen Stinkbaums (Foetidia mauritiana), ebenfalls auf den leztgenannten Inseln wachsend und den Myrtaceen verwandt, welches bei beiden Bäumen so schwer ist, daß es im Wasser untersinkt.

Wie die Zahl der Jahrringe das Alter, so zeigt ihre Stärke die Geschwindigkeit des Wachsthums dikotyledonischer Bäume an, und sie ist bei Bäumen verschiedener Gattungen sehr abweichend; während bei der Tanne und Lärche die Jahrringe im Allgemeinen eine bedeutende Dicke haben, sieht man dieselben nur sehr dünn im Stamme des Epheus und der Stechpalme. Außerdem ist aber auch die Dicke der Jahrringe in einem und demselben Baume in verschiedenen Jahren, nach der Kraft, mit welcher dieser wächst, verschieden. Da die vorherrschende wärmere oder kühlere, trockne oder feuchte Witterung eines Sommers einen großen Einfluß auf die ganze Ernährung der Pflanzen aus-

übt, so müssen diese verschiedenen Witterungsverhältnisse nothwendig auch auf die Bildung der Holzringe einwirken, und man findet daher gewöhnlich schwächere mit stärkern Ringen abwechseln. Bis zu einem gewissen Alter sieht man in der Regel die Jahrringe nach Außen zu stets breiter werden als die innern. Dieses geht bis zu einem nicht genau bestimmbaren Zeitpunkte, bei Buchen und Eichen etwa bis zum Alter von 30 bis 40 Jahren, worauf die spätern Holzringe zwar fortwährend größere Kreise darstellen, aber an Dicke ziemlich in demselben Verhältnisse abnehmen; daher werden die äußersten Jahrringe eines bereits im Alter vorgerückten Baumes immer dünner erscheinen, als die weiter nach Innen befindlichen. Es ist dieses vielleicht weniger von einer Abnahme der Vegetationskraft als vielmehr davon abzuleiten, daß bei dem größern Umfange des Stammes die Masse des abgelagerten Cambiums auf eine weit größere Fläche vertheilt, auch nur eine dünnere Schichte neuen Holzkörpers erzeugen kann, während in den ersten Decennien die jährliche Zunahme dieser Kraft bei dem noch geringern Durchmesser des Stammes sich wirklich durch die Erzeugung von stärkeren Jahrringen kund gibt.

Außer dieser Ungleichheit der Holzringe nach den äußern Einflüssen und dem verschiedenen Alter der Pflanze, erscheint auch häufig der nämliche Jahrring an einer Seite ungleich dicker als an der andern. Daher kommt es, daß die Jahrringe nur selten genau konzentrisch gefunden werden, sondern sich vom Mittelpunkte aus fast immer nach einer Seite hin weiter ausdehnen. Bei den meisten Bäumen ist es der Fall, daß an derselben Seite die Jahrringe alle dicker oder dünner sind, wie bei den Tannen, Lärchen, Linden u. v. a. Es gibt aber auch Beispiele, wo die größere Dicke in den einzelnen Holzringen unten im Stamme nach einer andern Seite gekehrt ist als im obern Theile desselben. Die nächste Ursache dieser verschiedenen Dicke der einzelnen Jahrringe ist offenbar eine häufigere Ablagerung von Cambium an den dickern Stellen, und der Grund hiervon liegt (nach Buffon und Duhamel) in der größern Entwicklung der Aeste auf der einen oder der andern Seite des Baumes, welche dieser Seite mehr Bildungssaft zuführen können. Da nun in einem frühern Alter des Baumes ein stärkerer Ast auf der einen Seite sich befinden kann, der später im Wachsthum gehemmt oder völlig un-

zerdrückt worden, während höher hinauf und auf einer andern Seite des Stammes ein anderer stärkerer Ast sich entwickelte, so finden dadurch auch diejenigen Beispiele ihre Erklärung, wo an derselben Seite Jahrringe von verschiedener Dicke in einer scheinbaren Unordnung sich finden, wie dieses schon bei der gemeinen Rüster (Ulmus campestris) und dem Sassafrasholze beobachtet wurde.

Wie aber auch die Jahrringe beschaffen seyn mögen, so geht aus dem darüber Gesagten hervor, daß in der sich jährlich wiederholenden Bildung derselben das Wachsthum der dikotyledonischen Bäume und Sträucher in die Dicke besteht. Mit diesem Ansetzen neuer Holzringe und Rindenlagen hält aber auch die Verlängerung der jüngsten Triebe und Aeste gleichen Schritt, und das Wachsthum derselben in die Länge steht mit dem Wachsthum in die Dicke in engem Zusammenhange, indem sich die aus dem Cambium gebildeten Lagen des Holzes und der Rinde nicht bloß zwischen die ältern einschieben oder diese umgeben, sondern sich auch zugleich über die ältern Theile hinaus in die Aeste und Gipfeltriebe fortsetzen und so die Ursache ihres Längenwachsthums werden. Die Art, wie die Pflanze in die Länge ihre Theile vergrößert, ist also nur in der Form von der Art unterschieden, wie die Pflanze in die Dicke wächst. Anstatt daß sich die aus dem Cambium entstehenden Theile beim Wachsthum in die Dicke zu den Seiten der schon gebildeten Theile ablagern, häufen sie sich hier an den Enden an und bilden sich weiter aus. Dieses Wachsthum in die Länge geht aber nur bis zu einem gewissen Zeitpunkte, und es hört auf mit der völligen Ausbildung des gleichzeitig entstandenen Jahrringes, dessen unmittelbare Fortsetzung der neue Trieb darstellt, welcher hierauf nur noch durch Anlagerung neuer Jahrringe, gleich den ältern Theilen des Stammes, in die Dicke wächst. Das jährliche Längenwachsthum der Bäume besteht also immer nur in der Dehnung der Achse der Gipfel- und Seitenknospen während des Frühlings und Sommers, wo jedoch auch schon zugleich mit dem Längenwachsthum, durch die stete Ablagerung von Cambium im Umfange zwischen dem Holz und der Rinde, der neue Zweig oder Gipfeltrieb in die Dicke sich vergrößert, bis sein erster Jahrring und seine Rindenlage vollständig ausgebildet sind.

Wenn wir nun aufmerksam die Bildung der Holzringe von dem Grunde des Stammes bis in die Gipfeltriebe verfolgen, so werden wir leicht erkennen, daß jeder derselben in seinem vollständigen Verlaufe einen gestreckten Kegel bildet, welcher von dem des folgenden Jahres allenthalben überdeckt und eingeschlossen wird, so daß die einmal gebildeten und von allen Seiten umschlossenen Kegel kein weiteres Wachsthum, weder in die Dicke, noch in die Länge zeigen können, und nur noch das allmälige Erhärten ihrer Zellenwände und den erwähnten Uebergang in das reife oder Kernholz erkennen lassen. Es ist also hier eine wahre Einschachtelung der ältern Holzkegel in die jüngern gegeben, und daraus ergibt sich die Möglichkeit, wie die Spuren einer Verletzung des Splintes, wenn sie nicht von der Art war, daß sie den Tod des ganzen Baumes nach sich zieht, durch die spätern Holzlagen überdeckt, nach vielen Jahren noch im Innern des Stammes aufgefunden werden können. Wenn man in einen Baum einen Nagel so tief einschlägt, daß er in den Splint eindringt, so wird er von den neuen Holzringen überdeckt und scheint dadurch immer tiefer einzuwachsen. Auf solche Weise hat man schon Nägel und andere Theile, selbst Hirschgeweihe, tief in dem Holzkörper von Bäumen steckend oder völlig eingewachsen gefunden, und daraus erklärt sich auch das Vorkommen von Inschriften und sonstigen Zeichen, welche schon häufig mitten im Holzkörper älterer Bäume entdeckt wurden. De Candolle gibt an, daß er im Innern eines Eichenklotzes eine Höhlung gesehen habe, welche zum Theil mit Haselnüssen und Eicheln angefüllt war, die wahrscheinlich durch Haselmäuse oder Eichhörnchen hinein getragen worden, ehe diese Höhlung durch die neuen Holzlagen verschlossen und überdeckt wurde. Eben so hat man schon Knochen, Steine u. s. w. in dergleichen Höhlungen eingeschlossen angetroffen.

Wenn wir endlich noch das Mark im Verlauf des Wachsthums bei dikotyledonischen Pflanzen, namentlich bei den Holzgewächsen verfolgen, so zeigt eine aufmerksame Vergleichung, daß die Markröhre, wie schon (S. 54) angegeben worden, sich nicht verengert, sondern den Durchmesser, welchen sie in dem Triebe des ersten Sommers hatte, stets beibehält. Nur in der Knospe und bis zu deren schon begonnenen Entfaltung ist das ganze

Mark frisch und lebendig; es ist also offenbar dazu bestimmt, dem jungen Triebe die Nahrung zu bereiten und zuzuführen, bis dieser so weit entfaltet ist, daß er vermittelst seiner Blätter und grünen Oberfläche die Bereitung seines Nahrungs- und Bildungssaftes selbst besorgen kann. Dann stirbt das Mark zwar in den meisten Fällen in der Achse des Triebes ab, trocknet aus und bleibt sonst unverändert, wenn es nicht ganz verschwindet; aber es ist schon (S. 56) erwähnt worden, daß im Umfange der Markröhre an den Stellen, wo Knospen und Blätter entspringen, das Mark immer frisch und saftreich bleibt; in vielen ältern Stämmen dagegen, wie bei der Eiche, der Hainbuche u. a., verdicken sich seine Zellenwände und erhärten auf ähnliche Weise wie die Holzzellen. In der Knospe ist die Markröhre nur von einem zarten Gefäßbündelkreis- umschlossen, dessen Bündel auch bei den dikotyledonischen Bäumen abrollbare Spiralgefäße enthalten, die sich beim Auswachsen der Knospe unverändert erhalten, während schon gleichzeitig mit der (beim Ausschlagen im Frühling oder Sommer) beginnenden Verlängerung der Knospenachse sich diese zarten Gefäßbündel, durch das Ansetzen von Holz- und Bastzellen, so wie von Gefäßen nach Außen, vergrößern und mit denselben den ersten Jahrring darstellen. Dieser besteht also eigentlich aus zwei, jedoch nicht scharf von einander geschiedenen Lagen: aus dem ersten, bei der Entstehung der Knospe erzeugten, mit Spiralgefäßen versehenen Kreise, und aus dem meist im folgenden Jahr erst gebildeten, aber jenem sich innig anschließenden Kreise, welcher, wie alle folgenden Holzringe, nur noch netzförmige Gefäße enthält. Daher findet man auch bei allen dikotyledonischen Bäumen nur im innersten Jahrringe, und auch in diesem nur zunächst um die Markröhre Spiralgefäße; und diesen schmalen, von der ersten Knospenanlage herrührenden, oft durch eine etwas dunklere Färbung von der übrigen Masse des ersten Jahrringes unterschiedenen Kreis hat man mit dem besondern Namen der Markscheide (vagina medullaris) belegt, welche demnach nichts weiter ist, als der erste, in der noch krautigen Knospe erzeugte Gefäßbündelkreis, der nicht als eigentlicher Jahrring gezählt werden darf, da er mit dem ersten Holzringe verfließt und z. B. in den zweiten oder Sommertrieben auch mit diesem Holzring ein gleiches Alter hat. Die sogenannte Mark-

scheide ist aber nicht vollständig geschlossen, sondern, wie die übrigen Holzringe, durch die von der Markröhre gegen die Rinde auslaufenden Markstrahlen unterbrochen und besteht demnach, außer den innersten Spiralgefäßbündeln, auch noch aus dem der Markröhre zunächst liegenden Zellgewebe der Markstrahlen.

Was nun das unterscheidende Merkmal des Wachsthums der dikotyledonischen Pflanzen im Allgemeinen anbelangt, so besteht dasselbe darin, daß die jährlich erzeugten neuen Holz- und Bastlagen zwischen den alten Holz- und Bastkörper, und die neuen Rindenlagen zwischen den Bast und die alte Rinde eingeschoben werden, was gleich mit dem Ausschlagen der Knospen beginnt, da diese schon ihren Holz- und Rindenkörper besitzen. Wie wir aber unter den einsamenlappigen Pflanzen die Najadeen, mit ihrem centralen Gefäßbündel, im Wachsthum mit den kryptogamischen Gefäßpflanzen übereinstimmen sahen, so ist dieses auch der Fall bei den mit einem die Achse des Stammes durchziehenden Gefäßkerne versehenen dikotyledonischen Wasserpflanzen aus den (S. 34) angegebenen Gattungen der Haloragеen und Ceratophyllum. Dazu kommen noch die Cykadeen (S. 64), welche bei ihrem einzigen Holzringe, der sich nur absatzweise nach oben in gleicher Dicke fortsezt, ein ganz mit den Farnen übereinstimmendes Wachsthum zeigen, während die (S. 63) angeführten Pfeffer-Arten, mit ihren durch das Parenchym zerstreuten Gefäßbündeln, auch in ihrem Wachsthum sich den Monokotyledoneen anzunähern scheinen, so daß, wie in dem äußern und innern Bau, auch in den Wachsthumsverhältnissen zwischen den verschiedenen, auf die Beschaffenheit der Fortpflanzungsorgane gegründeten Abtheilungen des Gewächsreiches mancherlei Annäherungs- und Uebergangspunkte gegeben sind.

Bei den mit einem geschlossenen oder ringförmigen peripherischen Wachsthum versehenen Dikotyledoneen möchte man zwar aus dem fortwährend stärkeren Ansetzen neuer Lagen im Umfange schließen, daß ihr Längenwachsthum über ihr Wachsthum in die Dicke weniger überwiegend seyn müsse, als bei den kryptogamischen Gefäßpflanzen und den Monokotyledoneen, und wir finden auch bei den dikotyledonischen Bäumen nie die außerordentliche Länge neben einem so geringen Durchmesser, wie bei den Rotangpalmen, während bei weitem die meisten zweisamenlap-

pigen Holzgewächse einen verhältnißmäßig viel größern Umfang erreichen, als die holzigen Monokotyledoneen, wie schon unsere Waldbäume, die Eiche, Buche, Tanne, Linde u. v. a. zeigen, und der Durchmesser von 27 Fuß, bei einer Höhe von nur 60 bis 80 Fuß, welchen der Affenbrodbaum (I, S. 77) erreicht, ist noch bei keinem Monokotyledoneenstamme gefunden worden *). Indessen fehlen auch unter den Dikotyledoneen keineswegs die Beispiele eines außerordentlichen Längenwachsthums bei einer verhältnißmäßig geringen Zunahme des Umfangs, wie die zahlreichen, zu dieser Pflanzenklasse gehörigen windenden und kleimmenden Gewächse bezeugen. Schon unter unsern einheimischen sehen wir den Hopfen, die gemeine Waldrebe und den Epheu eine nicht unbedeutende Länge bei einer geringen Dicke erreichen. In unsern Treibhäusern sind die Passionsblumen bekannt, welche mit ihren dünnen Stengeln oft über 100 Fuß an den zu diesem Behufe angebrachten Stangen oder Fäden fortranken; die Stengel der klimmenden Cobäa können in Zeit von vier Monaten zu einer Länge von 300 Fuß auswachsen. Unter den Schlingpflanzen der Tropenländer werden manche von außerordentlicher Länge angegeben, deren Stämme und Aeste oft auf mehrere hundert Fuß von Baum zu Baum gehen oder in langen Gewinden von den Gipfeln und Zweigen der Bäume herabhängen **).

---

*) Auch die eßbare Kastanie (Castanea vesca) erreicht oft einen kolossalen Durchmesser bei einer verhältnißmäßig nicht bedeutenden Höhe. Auf dem Aetna kommen namentlich solche uralten Kastanienbäume häufig vor, wovon einige eine besondere Berühmtheit erlangt haben, wie der Castagno della nave, welcher 61 Fuß, der Castagno di S. Agata, welcher 70 Fuß und der Castagno di cento cavalli, welcher 180 Fuß Umfang nahe über der Wurzel hat. Doch besteht der leztere, nach den Berichten neuerer Reisenden, wahrscheinlich nicht aus einem einzigen Stamme, sondern scheint durch Verwachsung mehrerer, aus einer Wurzel entsprossenen Stämme gebildet zu seyn. Dasselbe gibt Dumont d'Urville von einem 120 Fuß hohen Feigenbaum an, welcher auf Tonga-Tabu (in Australien) dicht am Seestrande steht und dessen aus mehreren zusammengewachsener Stamm 100 Fuß im Umfang mißt.

**) Im botanischen Garten zu Carracas will der Eigenthümer und Curator desselben (Fanning) vor mehreren Jahren eine Winden-Art (Convolvulus) gezogen haben, deren Stengel binnen sechs Monaten

§. 185.

Wenn wir endlich bei den Gefäßpflanzen überhaupt das Wachsthum des Stammes und seiner Interfoliartheile mit dem Wachsthum der Wurzel vergleichen, so ergeben sich in dieser Hinsicht noch mancherlei Unterschiede zwischen den genannten Theilen. Die aus den Knospen sich entfaltenden Stengel, Zweige und Gipfeltriebe wachsen fort in die Länge bis zu dem Zeitpunkte, wo bei der Pflanze der allgemeine jährliche Stillstand des Wachsthums oder, wenn dieselbe nur einjährig ist, der Tod eintritt. Diese Verlängerung der erwähnten Theile geschieht auf doppelte Art, theils von ihrem Gipfel aus durch Entfaltung ihrer Endknospen in immer neue Glieder, theils durch Streckung ihrer schon gebildeten Interfoliartheile. Wenn man an dem Stengel krautiger Pflanzen oder an den Aesten holziger Gewächse, so lange sie noch weich und bevor sie völlig ausgewachsen sind, in gleichen Zwischenräumen Zeichen anbringt, so findet man nach dem Stillstande des Wachsthums alle bezeichneten Punkte weiter auseinander gerückt, woraus sich ergibt, daß der Stamm in allen seinen Theilen in die Länge wächst. Dieses wird indessen auch schon aus der einfachen Vergleichung des ausgewachsenen Triebes mit seinem Zustande in der Knospe erkannt, da ja alle in der leztern noch aufs Aeußerste verkürzten Interfoliartheile, vom untersten anfangend, sich übereinander erheben und nach einander verlängern, wodurch die in der Knospe dicht zusammengedrängten Blätter alle auseinander gerückt erscheinen. Daraus geht zugleich hervor, daß der ganze Stamm oder Ast durch die successive Ausbildung seiner Interfoliartheile von unten nach oben in die Länge wächst. Wenn man aber, die einzelnen Interfoliartheile im Auge behaltend, jeden derselben für sich in eine gewisse Anzahl von Graden eintheilt und diese während des Wachsthums vergleicht, so findet man, daß die untern Grade in gleichen Zeitabschnitten eine größere Länge erreichen als die obern, und selbst noch eine geraume Zeit fortfahren sich zu strecken, nachdem die leztern schon zu wachsen aufgehört haben. Dieses kann aber

---

die ungeheure Länge von 5000 Fuß erreichte, also, wenn das Wachsthum gleichförmig gewesen wäre, in 24 Stunden sich jedesmal fast um 27 Fuß verlängert haben müßte.

auf keine andere Weise geschehen als dadurch, daß das Ansetzen von neuen Elementarorganen nicht von unten nach oben, sondern umgekehrt von oben nach unten vor sich geht, so daß in jedem einzelnen Interfoliartheile die obersten Theile die ältern, die untern aber die jüngern sind und demnach die Bildung derselben von dem Blattgrunde aus abwärts geht, bis zu dem zunächst unterhalb stehenden Blatte. Daher findet man auch bei vielen krautigen Stämmen, z. B. bei den Nelken, den Gräsern und Schafthalmen die Interfoliartheile an ihrem untern Ende weicher, zärter und meist bleicher gefärbt als am obern. Erinnern wir uns dabei an das Herabsteigen des in den Blättern zubereiteten Bildungssaftes *), so werden wir dieses von oben nach unten vor sich gehende Ansetzen neuer Theile im einzelnen Interfoliartheile ganz folgerecht finden und es wird nicht befremdend, sondern vielmehr ganz naturgemäß erscheinen, wenn wir aus dem eben Gesagten den Schluß ziehen: daß die ganze Pflanze dadurch, daß sich ein Interfoliartheil auf dem andern bildet, zwar nach oben wächst, daß aber jeder einzelne Interfoliartheil durch ein Wachsthum nach unten sich verlängert. Der leztere scheint nur deßhalb aufwärts zu wachsen, weil er auf dem zunächst untern Interfoliartheil aufsteht und daher, durch die von oben herab erfolgende successive Anlagerung seiner neuen Theile, die ältern Theile desselben nach oben zurückgedrängt, also in die Höhe gehoben werden müssen.

Anders verhält sich das Längenwachsthum bei der Wurzel. An dieser, wo keine den Interfoliartheilen des Stammes entsprechenden Absätze erkannt werden, kann auch von keinem Wachsthume solcher einzelnen Theile die Rede, und dieses muß daher für die ganze Wurzel nur ein nach gleicher Richtung gehendes seyn. Die zuerst von Duhamel und später noch von Andern angestellten Versuche durch Eintheilung der Wurzeln in Grade, so wie durch Abschneiden ihrer Spitze, haben gelehrt, daß dieselben

*) Bei dem Ausschlagen der Knospen bildet sich immer das Blatt vor seinem Interfoliartheil aus, der meist noch sehr verkürzt ist, während die Blattscheibe bereits ihre volle Ausdehnung erreicht hat, die aber eben durch diese voreilende Entfaltung in den Stand gesezt wird, den Interfoliartheil mit dem zu seinem Wachsthum erforderlichen Bildungssafte zu versehen.

ben nur aus der leztern sich verlängern und also nur durch Anlagerung neuer Theile an ihrem vordern Ende fortwachsen. Dieses gilt nicht bloß von der wirklichen Stammwurzel (I, S. 59 u. 63), sondern auch von den einzelnen Zasern der Zaserwurzel (I, S. 59 und 65), es mögen diese Zasern über oder unter der Erde entspringen, und so sehen wir in der Art des Längenwachsthums den Hauptunterschied zwischen Stamm und Wurzel gegeben, wie dieser schon früher (§. 27 u. 31) mehr im Allgemeinen angedeutet worden.

Das Wachsthum der Wurzel in die Dicke ist bei den verschiedenen Pflanzenklassen so wenig übereinstimmend als dasjenige des Stammes. Bei den Dikotyledoneen, wo sowohl die Hauptwurzel mit ihren Aesten, als auch die aus den Stämmen unter und über der Erde entspringenden Wurzelzasern einen oder mehrere von Markstrahlen durchzogene Gefäßbündelringe (S. 26) besitzen, kommt auch ein deutliches Wachsthum in die Dicke vor, indem sich bei ausdauernden Wurzeln, eben so wie in dem Stamme, fortwährend neue Gefäßbündelkreise zwischen dem alten Holzkörper und Baste einschieben, und die alte, abgestorbene, nach Außen gedrängte Rinde ebenfalls durch die wiederholte Bildung neuer Rindenlagen vom Baste aus ersezt wird. Bei den Bäumen und Sträuchern sieht man daher die Wurzeln gleichzeitig, wenn auch nicht gleichmäßig, mit dem Stamme ihren Durchmesser vermehren, und dasselbe geschieht auch bei den mehrere Jahre fortwachsenden Zasern vieler Stämme, z. B. der Gichtrosen, Georginen, und besonders bei den verholzenden Luftwurzeln der Clusien und Rhizophoren (I, S. 60 u. 67). An vielen Zasern wird jedoch nur eine unbedeutende Zunahme im Umfange beobachtet, und zwar deßwegen, weil sie nur während der Dauer einer einzigen oder weniger Vegetationsperioden am Leben bleiben und dann durch andere, über denselben erzeugte Zasern ersezt werden, wie dieses bei allen unter dem Boden hinkriechenden, so wie bei vielen außerhalb der Erde wurzelnden Stämmen geschieht. Bei den Zaserwurzeln der Monokotyledoneen und kryptogamischen Gefäßpflanzen, deren Zasern in dem Vorkommen eines einzigen Gefäßbündelringes ohne Markstrahlen, oder selbst nur eines die Achse durchziehenden Gefäßbündels, mit dem Stamme der zulezt genannten Pflanzen übereinstimmen, verhalten sich auch

diese Zasern in ihrem Wachsthum demselben ähnlich; sie behalten nämlich so ziemlich in ihrer ganzen Länge einen gleichen Durchmesser bei, und selbst da, wo sie so lange ausdauern, daß sie in Verholzung übergehen, wie bei den Palmen, läßt sich keine merkliche Zunahme ihres Umfanges beobachten. Daher erscheinen in den beiden erwähnten Pflanzenklassen die ältern und jüngern Wurzelzasern alle gleich dick, wenn sie nicht schon bei ihrem Entstehen einen Unterschied in der Größe des Durchmessers zeigen.

Wie das Wachsthum der Pflanzen überhaupt durch die veränderte Wirkung äußerer Einflüsse gehemmt oder beschleunigt werden könne, ergibt sich aus allem, was über die Ernährung und besonders auch über die Wirkung der äußern Lebensbedingungen (S. 182—216) gesagt worden ist, und es würde uns zu weit führen, wenn wir alle hierher gehörigen Erscheinungen angeben wollten. Im Allgemeinen ist jedoch die Stärke des Wachsthums verschieden nach den verschiedenen Jahreszeiten, da es in genauem Zusammenhange mit der Aufnahme und Assimilation der Nahrungsstoffe steht, welche sich, wie wir wissen, nach den Jahreszeiten richten; es muß daher auch das Wachsthum vom Frühling bis zur Mitte des Sommers am stärksten seyn, von da bis in den Herbst abnehmen und im Winter einen mehr oder weniger vollständigen Stillstand erleiden. Deßwegen kann man auch die Zeit vom ersten Frühling bis zum Spätherbste, wo die blattwechselnden Bäume ihre Blätter verlieren, als die jährliche Wachsthumsperiode des Pflanzenreiches im Allgemeinen annehmen, obgleich dieselbe bei manchen Pflanzen viel kürzer ist, wie bei vielen krautigen Gewächsen, bei andern aber, wie bei den immergrünen Bäumen und Sträuchern, vielleicht das ganze Jahr hindurch währt, ebenso bei vielen Zellenpflanzen, deren eigentliche Wachsthumsperiode zum Theil sogar umgekehrt zwischen den Herbst und den Sommer des folgenden Jahres zu fallen scheint. Selbst nach den Tageszeiten ist eine Verschiedenheit des Wachsthums zu bemerken. Aus den Beobachtungen über das periodische tägliche Wachsthum, welche Ernst Meyer am Schafte einer Amaryllis Beiladonna und an mehreren keimenden Getreidearten anstellte *), geht her-

*) Linnäa. 1829, S. 98—113.

vor, daß, abgesehen von dem am Tage sehr viel raschern Wachsthum als bei Nacht, ein dreimaliger Wechsel der Beschleunigung und Verzögerung des Wachsthums eintrat, nämlich am Morgen, bald nach Mittag und nochmals später am Abend von 8 bis 10 Uhr. Obgleich diese Resultate bis jezt nur aus wenigen Beobachtungen entnommen sind, so läßt sich indessen wohl daraus eine im Pflanzenleben begründete Periodicität auch im täglichen Wachsthum entnehmen, wobei jedoch die verschiedene Stärke der eintretenden Schwankungen von äußern Einflüssen abhängen mag.

II. Von der Vermehrung.

§. 186.

Zur Vermehrung zählen wir diejenigen Lebenserscheinungen, welche der Entstehung und Ausbildung neuer äußerer Organe zu Grunde liegen, und welche sämmtlich aus einer bloß vegetativen Thätigkeit der Pflanze entspringen, selbst in denjenigen Fällen, wo eine neue Pflanze das Endergebniß ist. Nach den verschiedenen Organen und der mehr oder weniger veränderten Weise der Entstehung und Ausbildung derselben lassen sich vier Arten der Vermehrung annehmen, nämlich die Vermehrung durch Knospen, durch Zwiebeln, durch Knollen und durch Lenticellen, deren Betrachtung sich die Lebensgeschichte der Blätter und der Blüthentheile, so weit diese nämlich ebenfalls der vegetativen Thätigkeit anheimfallen, zunächst anreiht.

1. Von der Vermehrung durch Knospen.

§. 187.

Knospen im engern Sinne (I, S. 217) kommen bei allen Gefäßpflanzen und mit deutlicher Blattbildung versehenen Zellenpflanzen vor. Unter allen Abtheilungen der blättertragenden Gewächse gibt es nun solche, die hauptsächlich aus dem Gipfel ihres Stammes Knospen bringen und wo demnach die Bildung neuer äußerer Organe vorzugsweise von dem Gipfel ausgeht; aber ebenso treffen wir auch unter allen diesen Abtheilungen Pflanzen, welche außerdem noch aus jedem Blattwinkel eine oder mehrere Knospen zu treiben vermögen und die daher in ihrer ganzen Länge durch seitliche Bildungen die Zahl ihrer äußern

Organe zu vermehren im Stande sind. Daraus folgt eine vorherrschende einfache Stammbildung bei den erstern und eine mehr oder weniger starke Verzweigung des Stammes bei den leztern. Als ausschließlich oder vorzugsweis gipfelknospende Gewächse finden wir unter den Zellenpflanzen in der Familie der Moose alle oder einen Theil der Arten aus den Gattungen Knotenmoos (Bryum), Nackmund (Gymnostomum), Schirmmoos (Splachnum) und Widerthon (Polytrichum), unter den kryptogamischen Gefäßpflanzen die baumartigen Farne, unter den Monokotyledoneen die meisten Palmen und viele Aloë-Arten, unter den Dikotyledoneen den Melonenbaum (Carica Papaya), die Theophraste und die Cykadeen. Die winkelknospenden Pflanzen kommen im Ganzen zahlreicher vor, und es gehören unter andern dahin unter den Zellenpflanzen sehr viele Moose, wie die Arten der Astmoose (Hypnum) und verwandten Gattungen (Leskea, Hookeria), der Torfmoose (Sphagnum), dann alle mit getrennten Blättern versehene Lebermoose, unter den kryptogamischen Gefäßpflanzen der größte Theil der Farne und die meisten Arten der übrigen hierher gehörigen Familien, unter den Monokotyledoneen alle ausdauernden Gräser und Cyperaceen, die meisten Smilaceen und Najadeen, und unter den Dikotyledoneen der größte Theil, außer den vorhin bei den gipfelknospenden genannten Pflanzen. Aus den gegebenen Beispielen ersehen wir schon, daß diese verschiedene Art der Knospenstellung nicht immer an bestimmte Familien gebunden ist; wir finden z. B. gipfel- und winkelknospende Pflanzen unter den Moosen und Farnen, auch unter den Palmen fehlen die Arten mit ästigem Stocke keineswegs, wie die Pandanus-Arten und die Doum-Palme bezeugen; nicht einmal durch ganze Gattungen bleibt dieser Unterschied fest, wie dieß namentlich unter den Moosen, z. B. bei den Widerthon-Arten bekannt ist, welche theils mit einfachem, theils mit ästigem Stengel versehen sind. Manche Pflanzen, die gewöhnlich nur Gipfelknospen entfalten, können unter veränderten Umständen auch Winkelknospen bringen und dadurch eine Verzweigung ihres Stammes erhalten, wie die Yucca-Arten, welche, wenn ihnen der Gipfel abgenommen worden, weiter unten am Stamme seitliche Knospen und Aeste

treiben. Daraus muß man schließen, daß wohl bei den meisten gipfelknospenden Pflanzen auch in den Blattwinkeln Knospen entstehen können; ja wenn wir den Blüthen- und Fruchtstand beachten, so möchte es sogar schwer seyn, außer den gipfelfruchtigen Moosen mit einfachem Stengel und den Baumfarnen, eine erhebliche Anzahl ganz rein gipfelknospender Pflanzen nachzuweisen.

Da der aus der Knospe hervorgehende Ast dieselben Elementarorgane und organischen Systeme enthält, wie der Stamm, so müssen wir auch in der Knospe schon die Anlage zu diesen Systemen finden, und da jedes anatomische oder organische System nur seines Gleichen erzeugt, so müssen in der Knospe, bei deren Entstehung diese Systeme mit den gleichnamigen der Mutterpflanze in Zusammenhang stehen. Bei den Zellenpflanzen wird daher die Knospe mit der ganzen innern Zellenmasse des sie tragenden Stammes oder Astes in Verbindung stehen; bei den kryptogamischen Gefäßpflanzen und den Monokotyledoneen sehen wir das Parenchym der Knospenachse aus der Zellenmasse, die Gefäße aber von den Gefäßbündeln der ältern Theile aus entspringen und in die Knospe übergehen; und ebenso finden wir bei den Dikotyledoneen, daß sowohl in den Gipfelknospen als auch in den Winkelknospen, wenigstens an krautigen Stengeln und jüngern Zweigen der Bäume, die Markröhre der Knospenachse aus der Markröhre des ältern Theiles entspringt, welche dann von einem zarten Gefäßbündelkreise umgeben wird, der aus dem innersten, Spiralgefäße enthaltenden Kreise des ersten Jahrrings oder der Markscheide (S. 346) seinen Ursprung nimmt, und endlich mit einer Rindenlage überkleidet ist, welche nur eine Fortsetzung der Rinde des Zweiges darstellt, so daß alle Vermehrung der dikotyledonischen Pflanzen durch Knospen von dem Marke ausgeht. Denn selbst in den Fällen, wo Knospen aus ältern Stämmen sich entwickeln, wie dieß bei den zerstreuten Knospen (I, S. 219) angegeben wurde, scheint die Markröhre der Knospenachse wenigstens mit den Markstrahlen in Verbindung zu stehen, während in das Blatt (bei allen Gefäßpflanzen) ein oder mehrere Gefäßbündel aus dem Stamm oder Ast unmittelbar abgehen, welche immer mit einer aus der Rinde oder äußersten Zellenschichte entspringenden Lage umkleidet und oft auch selbst von einer mit dem Marke zusam-

menhängenden Zellenmasse begleitet werden (S. 66). Wo nun jene Gefäßbündel des Stammes oder Astes sich nach Außen biegen, um in die Blätter überzugehen, da setzen sich über dieser Stelle und meist schon gleichzeitig mit der Entfaltung der Knospe die Gefäße zu den neuen Knospen an, welche sich dann im Verlaufe des Wachsthums weiter entwickeln, bis auch ihre Zeit der Entfaltung heranrückt. Daher sehen wir schon mit dem ersten Ausschlagen der Blätter im Frühling die Erzeugung der Knospen beginnen, und damit bis zu dessen Aufhören gleichen Schritt halten. Es treten dann in der Knospe bis zum Schlusse der jährlichen Vegetationsperiode der Pflanze zwei verschiedene Verhältnisse ein; entweder entfaltet sich dieselbe noch in dem nämlichen Sommer, wie bei allen einjährigen Stengeln und vielen ausdauernden, bloß aus dem Gipfel knospenden Stämmen, oder sie verharrt im Knospenzustande den Winter über, bis zum Beginne der nächstjährigen Vegetationsperiode, wie bei allen blattwechselnden Holzgewächsen und den mit ausdauernden unterirdischen Stämmen versehenen Pflanzen.

Die Knospen der einjährigen Stengel, welche sich unmittelbar nach ihrer Erzeugung entfalten, erhalten ihren Nahrungs- und Bildungssaft aus der ganzen Pflanze, welche bei dem Ausschlagen der Knospen immer schon so weit mit Blättern versehen ist, daß sie alle zur Ernährung und zum Wachsthum nöthigen Säfte bereiten und der Knospe zuführen kann, und dasselbe geschieht auch bei den immergrünen Bäumen und Sträuchern, deren Knospen jedoch meistens eine Winterruhe halten. Anders verhält es sich aber bei den ausdauernden, blattwechselnden Pflanzen, welche im Frühling, wenn ihre überwinterten Knospen sich entfalten sollen, noch keine Blätter haben und also auch nicht in diesen den Nahrungssaft auf die gewöhnliche Weise für die Knospe bereiten können. Hier wird die Entfaltung der Knospen durch den von den Wurzeln um diese Zeit, wie wir wissen, reichlich eingesogenen und rasch aufsteigenden Saft angeregt, welcher durch die auf seinem Wege aufgelösten Nahrungsstoffe, die im vorigen Jahre in Stamm und Wurzel zu diesem Zwecke aufgespeichert wurden, geschwängert und dadurch zur ersten Ernährung der auswachsenden Knospe geschickt wird, bis diese ihre Blätter entfaltet

hat und nun im Stande ist, vermittelst derselben sich selbst ihren weitern Nahrungs- und Bildungssaft zu bereiten.

Da die Neigung des Stammes, nach oben oder dem Lichte entgegen zu wachsen, im ganzen Pflanzenreiche so unverkennbar ausgesprochen ist, so wird es uns hieraus erklärlich, warum die Gipfelknospen in der Regel kräftiger entwickelt sind als die übrigen Knospen, und warum bei den Pflanzen, die nur aus dem Gipfel Blätterknospen bringen, diese Knospen gewöhnlich unverhältnißmäßig größer sind, als bei andern Gewächsen, welche zugleich auch Winkelknospen tragen. Eben so sehen wir auch bei den leztern die Gipfelknospen früher ausschlagen als die übrigen, welche in ihrer Entfaltung um so später folgen, je tiefer sie an dem Zweige des Baumes stehen. Diese voreilende Entfaltung der Gipfelknospe scheint nicht allein von ihrer größern Entwicklung, sondern auch davon abzuhängen, daß der aufsteigende Nahrungssaft zuerst und vorzugsweise in der Richtung der Achse fließt und daher früher zu der Gipfelknospe gelangt als zu den Seitenknospen, welchen er in dem Verhältnisse später zuströmt, als sie weiter von dem Gipfel entfernt sind.

Nachdem die Knospen aufgebrochen sind und ihre Blätter vollständig ausgebreitet haben, fangen diese an, den noch weiter aufsteigenden Saft zu verarbeiten, der nun bei seinem Zurückfließen das Wachsthum der Interfoliartheile bewirkt, bis auch diese ihre bestimmte Länge erreicht haben. Bei den krautigen Pflanzen geht die Entfaltung der Knospen die ganze Vegetationsperiode hindurch fort, während bei den Holzgewächsen, nachdem der junge Trieb einmal verholzt ist, gewöhnlich ein Stillstand nicht bloß in dem eigenen Wachsthum desselben, sondern auch in der Entfaltung seiner Knospen eintritt. Nur gewisse Baumarten, besonders solche, die sehr früh im Frühling ausschlagen, wie die italienische Pappel, treiben im Sommer aus den Gipfelknospen der eben entfalteten Frühlingstriebe unmittelbar wieder aus, und diese wiederholte Entfaltung von Gipfelknospen während der nämlichen Vegetationsperiode des Baumes bildet den sogenannten zweiten Trieb, welcher, da er gewöhnlich zwischen die Hälfte des Juli und August fällt, auch Augusttrieb genannt wird. Bei diesen Bäumen bemerkt man nämlich um diese Zeit einen ähnlichen vermehrten Saftzudrang, wie im Frühling,

wobei auch die Rinde sich wieder eben so von dem Holze löst. Worin übrigens das Erscheinen dieses Augustsaftes seinen Grund habe, ob die nachlassende Thätigkeit der im Frühling entfalteten Blätter die Vermehrung des aufsteigenden Saftes und seinen Zug nach der Gipfelknospe bewirke (wie De Candolle glaubt), oder ob der grösere Unterschied der mittleren Tages- und Nachttemperatur, der in dieser Zeit, wie im Monat Mai zur Zeit des ersten Ausschlagens, (nach Hundeshagen) herrschen soll, die Ursache sey, ist noch nicht erforscht worden, so wie es auch noch nicht einmal außer Zweifel gesezt ist, ob überhaupt dieser zweite Trieb in jedem Jahre und an jedem Standorte regelrecht erfolge. Wo indessen ein solcher zweiter Trieb stattfindet, wird er an der hellern, gelblichgrünen oder auch zuweilen röthlichen Farbe erkannt, welche die Blätter an den Zweiggipfeln zeigen, während die übrige Belaubung um diese Zeit gewöhnlich eine mehr sattgrüne Färbung besizt. Eben so erkennt man den zweiten Trieb auch noch im Herbste daran, daß seine Blätter später gelb werden als die der ersten oder Frühlingstriebe, deren Blätter auch früher abfallen als die des zweiten Triebes. Besonders deutlich ist diese verschiedene Färbung der Blätter im Oktober an der italienischen Pappel zu sehen. Man kann auch einen zweiten Trieb auf künstliche Weise hervorrufen, wenn man einen Baum nach dem ersten Triebe allmälig seiner Blätter beraubt, wodurch die für die nächste Vegetationsperiode bestimmten Knospen angeregt werden, sich bald nach ihrer Erzeugung noch in demselben Sommer zu neuen Trieben zu entfalten, wie dieses bei den, Behufs der Seidenzucht, im Frühling abgelaubten Maulbeerbäumen jedesmal geschieht.

Die Länge, welche der aus einer Knospe hervorgehende Trieb erreicht, ist oft bei einer und derselben Pflanze verschieden, und hängt sehr von dem Grade der Einwirkung äußerer Lebensbedingungen ab. So sehen wir eine stärkere Verlängerung der Triebe hervorgehen aus der Vermehrung des aufsteigenden wässerigen Saftes bei einer gleichzeitigen Verminderung des absteigenden Bildungssaftes, während umgekehrt eine Abnahme des aufsteigenden bei verhältnißmäßiger Zunahme des Bildungssaftes die Ursache zur Verkürzung der Triebe wird. Diese wechselnden Verhältnisse der Säftemengen können einestheils auf dem Boden

beruhen; Pflanzen einer Art, welche in feuchtem Boden wachsen, wo sie vieles Wasser einsaugen müssen, bringen in der Regel längere und zugleich weichere Triebe als andere, auf trocknem Boden wachsende, weil bei den erstern der Bildungssaft nicht so bald die Zellsubstanz verdichten und dadurch die Dehnung des Triebes in die Länge hemmen kann, wie die sogenannten Wasserschösse, z. B. bei den Weiden, zeigen. Anderntheils können diese veränderten Verhältnisse durch die verschiedene Einwirkung des Lichtes und der Wärme hervorgerufen werden; so sehen wir die Verlängerung der Triebe in hohem Grade vermehrt bei den im Finstern oder im tiefen Schatten wachsenden Pflanzen, welche wegen Lichtmangels die Kohlensäure des rohen Saftes nur in geringem Grade zu zersetzen und keinen gehörig konzentrirten Bildungssaft zu erzeugen vermögen, daher denselben auch die grüne Farbe meist ganz abgeht, was ihnen den Namen Bleichlinge zugezogen hat; die in Kellern getriebenen Kartoffelschösse geben davon ein lehrreiches Beispiel. Wenn dagegen Pflanzen an trocknen, sonnigen Orten wachsen, wo sie weniger Feuchtigkeit aus dem Boden einsaugen, aber um so mehr durch ihre Blätter ausdünsten und aushauchen können, wodurch die Fixirung des in dem aufsteigenden Safte enthaltenen Kohlenstoffes vermehrt und die Verdichtung und Erhärtung der Zellenmembranen beschleunigt wird, so entstehen kurze, feste, holzige und unterseżte Triebe, wie man dieses bei manchen unserer Waldbäume sieht, wenn sie auf trocknen, freien Stellen vorkommen, besonders aber an unsern Holzgewächsen wahrnimmt, wenn dieselben auf trocknen, der Sonne sehr ausgesezten Stellen mehr südlicher Länder wachsen.

Die Verschiedenheit in dem Längenwachsthum der Triebe bei Vergleichung verschiedener Pflanzenarten hängt jedoch größtentheils von ihrer verschiedenen innern Organisation und Lebensthätigkeit ab. Bei Pflanzen, welche in einer bestimmten Zeit eine größere Menge verholzenden Zellstoffes erzeugen, verlieren die Membranen bald das Vermögen der Ausdehnung, und die aus den Knospen entfalteten Triebe erreichen den Grad der Festigkeit, der ihrem Wachsthum in die Länge Schranken seżt, früher, als bei andern Pflanzen. Auch lehrt die Erfahrung, daß der geringere Grad des Längenwachsthums bei den Bäumen gewöhnlich mit der

Festigkeit ihres Holzes und mit der Kohlenstoffmenge im Verhältniß steht, welche dieses beim Verbrennen liefert.

Ueber die Art, wie die aus den Knospen sich entfaltenden Triebe in ihren einzelnen Interfoliartheilen in die Länge wachsen, ist schon (S. 349) ausführlicher geredet worden. Die Art, wie sie in die Dicke wachsen, stimmt ganz mit derjenigen des Stammes überein, welchem sie angehören. Bei den Zellenpflanzen und den kryptogamischen Gefäßpflanzen, deren Stämme keine unterscheidbaren Lagen im Umfange ansetzen, wird der Ursprung der seitlichen Knospen immer an derselben Stelle bleiben; auch bei den Monokotyledoneen, wo sich bei der Verdickung des Stammes und der Aeste keine ringförmigen Lagen unterscheiden lassen, und wo im Allgemeinen das Wachsthum in die Dicke weniger in die Augen fallend ist, wird man auch weniger deutlich und erst in längern Zeitabschnitten den Ursprung der Seitentriebe mehr von dem Umfange entfernt und scheinbar der Achse näher gerückt sehen. Bei den holzigen Dikotyledoncen dagegen, wo die Holzringe jährlich mit einer genau begrenzten neuen Lage umgeben werden, findet man auch den Entstehungspunkt der Aeste mit jedem Jahre scheinbar mehr nach Innen gerückt, und da gleichzeitig mit jedem neuen Jahrringe des Stammes oder Astes auch der jüngere Seitentrieb einen Jahrring ansezt, welcher mit dem der erstern in genauem Zusammenhange steht, so daß die Jahrringe des Stammes oder ältern Astes sich nur über die des jüngern fortsetzen, so wird dessen Markröhre von seinem Entstehungspunkte aufwärts mit um so zahlreichern Holzringen umgeben werden, je näher sie dem Umfange des ältern Astes kommt, und die meisten Ringe werden gleich über dem Austrittspunkte des jüngern Zweiges in demselben vorhanden seyn. Dadurch erscheint dann dieser auf dem Vertikaldurchschnitte, so weit er von dem Holze des ihn tragenden Astes umschlossen wird, gegen seinen Entstehungspunkt kegelförmig zugespizt und in das ältere Holz gleichsam zapfenähnlich eingekeilt, während bei den Gipfeltrieben, deren Jahrringe nur die in gleicher Richtung fortgesezten Holzringe der ältern Triebe darstellen, der Entstehungspunkt mit der Zeit ganz unkenntlich wird. Aber sowohl die Gipfel- als die Seitentriebe unterscheiden sich immer dadurch von dem Theile, aus welchem

sie entsprungen sind, daß sie wenigstens einen Jahrring weniger zählen, als dieser.

Sobald die Knospe einmal entfaltet ist, kann auch der aus ihr hervorgegangene Trieb sich selbst seinen Nahrungs- und Bildungssaft zubereiten; doch muß er von der Mutterpflanze stets das Material dazu zugeführt erhalten. Einen Beweis dafür liefern schon die Knospen auf isolirten, aber mit der Mutterpflanze in Verbindung gebliebenen Rindenstücken, welche zwar aufsteigenden Holzsaft, aber keinen absteigenden Rindensaft aus der Pflanze erhalten und sich demungeachtet entfalten und zu gesunden Trieben auswachsen können. Wenn man ferner einen Zweig mit weißem Holze, z. B. von einem Pfirsichbaum, auf einen Stamm mit rothem Holze, z. B. eines Pflaumenbaums, impft, so sezt der fremde Zweig fortwährend nur Holzringe von weißer Farbe an, während die unter seinem Anheftungspunkte um den Stamm sich bildenden Jahrringe nach wie vor eine rothe Färbung zeigen. Daraus geht aber deutlich die eigene und für sich gleichsam abgeschlossene Lebensthätigkeit der Knospe hervor, und es liegt darin eine Bestätigung des schon früher (I, S. 129) ausgesprochenen Satzes, daß die mit Knospen versehene Pflanze kein in sich geschlossenes Ganzes, sondern eine Vereinigung mehrerer Einzelnwesen sey *). Daß eine jede Knospe ihren eigenen Nahrungs- und Bildungssaft sich bereiten könne, beweisen die Impfungen bei Rosen, wodurch man auf einem

*) Aus dem angeführten Beispiele geht hervor, daß das Pfropfreis seinerseits ebenfalls keinen ändernden Einfluß auf den fremden Baum ausübt, da dieser fortwährend über und unter dem Pfropfreis seine frühere Natur beibehält. Dagegen scheint nun zwar die schon mehrmals und von verschiedenen Beobachtern gemachte Erfahrung zu sprechen, daß die Knospe von einem mit gescheckten Blättern versehenen Zweige, auf einen Baum mit grünen Blättern der nämlichen Art verpflanzt, nach wenigen Jahren das Entstehen gescheckter Blätter an allen unterhalb und (nach einigen Angaben) sogar auch oberhalb der Impfstelle befindlichen Zweigen verursacht; dieß geschieht sogar zuweilen auch dann, wenn der aus der eingesezten Knospe hervorgegangene Trieb durch einen Zufall abstirbt oder sich ganz ablöst. In diesem Falle muß offenbar die Knospe auf den fremden Stamm einen ändernden Einfluß ausüben; da aber nach der Ansicht der meisten Pflanzenphysiologen die gescheckte Färbung der Blätter Folge eines krankhaften Zustandes ist, so läßt sich

Strauche Zweige mit verschiedenfarbigen Blüthen hervorbringt, ferner die Obstbäume, wo man verschiedene Obstsorten auf einem Baume erhalten kann, weil jeder aus einer künstlich aufgepflanzten Knospe hervorgegangene Zweig fortwährend die ihm ursprünglich zukommende Fruchtart erzeugt. Damit sind wir nun zu der künstlichen Vermehrung der Pflanzen vermittelst der Knospen und Zweige gelangt, welche für den Land- und Gartenbau von großer Wichtigkeit ist, und die wir daher im Folgenden in Kürze betrachten wollen.

§. 188.

Die künstliche Vermehrung wird hauptsächlich in der Absicht veranstaltet, um vermittelst der Knospen oder jungen Zweige, durch deren Verpflanzung auf einen andern Stamm, in einer kürzern Zeit als dieses durch die Aussaat von Samen geschehen könnte, eine gewünschte Pflanzenart oder Spielart zu vervielfältigen, oder einen Baum ganz oder zum Theil zu verjüngen, oder einen jungen Baum zum Fruchttragen zu bringen, oder endlich die Güte und Größe der Früchte zu vermehren und auf diese Weise eine Veredlung der Obstbäume zu erzielen. Aus dem vorhin Gesagten geht hervor, daß eine Knospe und folglich auch der aus ihr hervorgegangene Trieb, da er sich seinen eignen Nahrungs- und Bildungssaft bereitet, auch seine Eigenschaften beibehalten müsse, wenn er auf einen andern Stamm verpflanzt wird, und auf diesem Umstande beruhen alle Veränderungen, welche man durch die künstliche Vermehrung bei einer andern Pflanze bezweckt. Diese Operation wird im Allgemeinen als Impfung bezeichnet, von welcher man drei wesentlich verschiedene Methoden unterscheidet, nämlich das Okuliren, das Pfropfen und das Absäugen oder Ablaktiren. In allen Fällen wird der Stamm, auf welchen geimpft werden soll, das Subjekt, und wenn es eine wildwachsende oder aus Samen erzogene Pflanze

---

hier (mit Moretti und Noisette) annehmen, daß dieselbe als Krankheit der ganzen Pflanze mitgetheilt werde. Ein gesundes Reis theilt aber der Pflanze von seiner Natur nichts mit, und sein zurückfließender Saft wird eben so von dieser in die ihr von Natur zukommenden Bestandtheile umgewandelt, wie dieses von dem Impfreis mit dem aufsteigenden Safte des Subjektes geschieht.

ist, auch Wildling genannt. Alle Arten der Impfung an Holzgewächsen können nur zu der Zeit vorgenommen werden, wo dieselben im Safte stehen, also während des ersten und zweiten Triebes.

§. 189.

Das Okuliren oder Aeugeln besteht darin, daß man ein mit dem Baste versehenes Rindenstück, welches eine oder mehrere Knospen (Augen) trägt, auf eine eben so große, entrindete Stelle des Subjektes bringt und darauf vermittelst eines Bandes befestigt. Das Rindenstück wächst nach einiger Zeit mit der Rinde des Subjektes zusammen, der in dem leztern aufsteigende Saft dringt in die aufgesezte Knospe, regt dieselbe zur Entfaltung an, und der aus ihr hervorgegangene Trieb sezt hierauf sein Wachsthum, mit Beibehaltung seiner eigenthümlichen Natur, fort. Man unterscheidet zwei Arten des Okulirens: das Okuliren mit dem Schilde, wobei ein kleineres, nur mit einer oder doch nur mit den, einem einzigen Blattwinkel angehörenden Knospen versehenes Rindenstück eingesezt wird *), und das Okuliren mit der Rindenröhre (Pfeife) oder das Belzen, wo ein mit den Knospen mehrerer Blattwinkel versehener Rindenring genommen und um den gleichmäßig entrin-

*) Die Gestalt, welche man dem Rindenschilde geben kann, ist verschieden. Gewöhnlich gibt man ihm jedoch eine längliche, nach unten zugespizte, oben aber gerade querüber abgestuzte Gestalt, wobei die Knospe etwas über die Mitte zu stehen kommt. Wenn man während des Augustsaftes okulirt, so läßt man den untern Theil des Blattstiels 4 bis 6 Linien lang auf dem Schilde stehen, wo er gleichsam als Handhabe dient, um das leztere leichter unter die Rinde schieben zu können. Von dem Subjekte braucht man nämlich nicht gerade ein ganzes Rindenstück hinwegzunehmen, sondern es reicht hin, einen Querschnitt bis auf den Splint, dann von der Mitte desselben abwärts einen gleich tiefen Längenschnitt zu machen (so daß dadurch die Figur eines T entsteht) und die beiden Wundlefzen behutsam so weit zu lösen und aufzulüpfen, daß man den Schild ohne Verletzung der Knospe unter die Rinde schieben kann, so daß die obern quergehenden Wundränder von Schild und Rinde genau an einander zu liegen kommen; worauf man die Wundlefzen der Rinde des Subjektes über den eingeschobenen Schild wieder anlegt und die Wunde mit Wolle oder Hanf nicht zu fest umwickelt, dabei aber die Knospe frei läßt.

deten Splint des Subjektes gelegt wird *). In beiden Fällen kann die Operation im Frühling und zur Zeit des Augustsaftes vorgenommen werden. Im ersten Fall schneidet man den Zweig des Subjektes über der Impfstelle ab und bricht die unterhalb befindlichen Knospen aus, damit nur der künstlich eingesezten Knospe der Saft zugeführt werde, die dann auch noch in demselben Sommer sich entfaltet. Man nennt dieses das Okuliren auf das treibende Auge. Da aber der aus einer erst im Sommer eingesezten Knospe hervorgehende Trieb gewöhnlich bis zum Herbste nicht gehörig verholzen (zeitigen) kann, um der Winterkälte zu widerstehen, so schickt sich diese Art des Okulirens mehr für den Frühling. Wenn man daher während des zweiten Saftes okuliren will, so schneidet man in der Regel vom Subjekte nichts ab und nimmt dessen Gipfel erst im nächsten Frühling fort; dadurch wird die Entfaltung der eingesezten Knospe bis zu dieser Zeit zurückgehalten, und das nennt man das Okuliren auf das schlafende Auge.

Das Okuliren mit dem Schilde gelingt leichter, wenn die Knospe des Rindenstückes genau auf die Stelle zu liegen kommt, wo die abgenommene Knospe des Subjektes saß; doch ist hier, wie bei der Rindenröhre die Hauptsache, daß die querlaufenden Ränder des eingesezten Rindenstückes mit den entsprechenden Wundrändern der Rinde des Subjektes so vereinigt werden, daß der Bast des erstern genau auf den Bast der leztern trifft.

§. 190.

Unter Pfropfen versteht man im Allgemeinen die künstliche Vermehrung mit Zweigen (Pfropfreisern), welche auf dem Subjekte so an- oder eingesezt werden, daß sie mit demselben verwachsen können, wobei es wieder vorzüglich darauf ankommt, daß man den Bast (in manchen Fällen auch nur den Splint) des Pfropfreises mit dem des Subjektes in genaueste Berührung

---

*) Es wird entweder eine vollständige geschlossene Rindenröhre angewendet, in welche das geschälte obere Ende des entgipfelten Zweiges des Subjektes eingeschoben wird, oder wenn man den Zweig nicht vorher entgipfeln will, so wird der Rindenring durch einen senkrechten Schnitt gespalten und nun, gleich einem Querbande, um die gleich große entrindete Stelle des Subjektes herumgelegt.

bringt. Es gibt vielerlei Arten des Pfropfens, von welchen jedoch folgende die vorzüglichsten und am häufigsten angewendeten sind, nämlich: das Pfropfen in die Rinde, das Pfropfen in den Spalt, das Pfropfen mit dem Sattel und das Kopuliren. Bei allen wird das Pfropfreis dem entgipfelten Subjekte an dessen Schnittfläche angefügt oder eingesezt und das gepfropfte Ende des Subjektes muß gegen die Einwirkungen der Atmosphäre durch einen Verband geschüzt werden. Die eigentliche Zeit des Pfropfens ist im Frühling, sobald sich der Saft zu zeigen anfängt.

Bei dem Pfropfen in die Rinde bringt man das mit einer oder mehreren Knospen versehene Pfropfreis, welches gegen seinen Grund von einer Seite keilförmig zugeschnitten worden, zwischen die Rinde und das Holz des entgipfelten Zweigs oder Stammes des Subjekts, wo dann die Schnittfläche des Pfropfreises mit dem Splinte des Subjektes bald zusammenwächst. Man kann auch mehrere Reiser im Umfange einsetzen, wenn das Subjekt dick genug ist *).

Das Pfropfen in den Spalt besteht darin, daß man ein oder mehrere Pfropfreiser, welche einige Linien unter ihrer lezten Knospe unten von beiden Seiten keilförmig zugeschnitten sind, in einen mitten durch die Schnittfläche des Subjektes gemachten Spalt so einsezt, daß jedes Reis an dem äußern Rande seiner schiefen Schnittflächen mit dem Baste auf den Bast des Subjek-

*) In das Pfropfreis wird 4 bis 6 Linien über seinem Grunde eine senkrecht auf die Achse gehende Kerbe von 1 bis 2 Linien eingeschnitten und von da aus bis zum untern Ende eine schiefe Schnittfläche gemacht, so daß das Reis auf seiner vordern Seite die Rinde behält. Mit dieser schnabelförmigen Spitze wird dasselbe zwischen die Rinde und den Splint des Subjektes so weit eingeschoben, bis es mit seiner Kerbe der wagrechten Schnittfläche des leztern genau aufsizt. Die Rinde des Subjektes wird entweder, ohne daß man sie aufschneidet, nur gelüftet, um den Schnabel des Reises einschieben zu können, oder, was sicherer ist, man spaltet die Rinde senkrecht an der Stelle, wo ein Reis eingesezt werden soll, löst die Wundränder, so weit als nöthig, behutsam vom Splinte los und schiebt dann den Schnabel des Pfropfreises ein. Sowohl dieser Spalt als auch die ganze Schnittfläche des Subjektes muß, wie bei der folgenden Methode durch einen Verband sorgfältig gegen die atmospärischen Einflüsse verwahrt werden.

tes innerhalb des Spaltes trifft *). Man nimmt hier, wie bei der vorigen Pfropfmethode zu Pfropfreisern junge Triebe der nächstvorhergehenden Saftperiode, welche gehörig verholzt sind und eine oder mehrere (bis sechs oder sieben) Knospen haben. In den einfachen Spalt bringt man entweder nur ein Pfropfreis auf einer Seite, oder man kann auf jeder Seite des Spaltes ein Reis einsetzen, und wenn der Ast oder Stamm des Subjektes dick genug ist, so macht man auch wohl zwei Spalten, die sich rechtwinkelig in der Mitte der Schnittfläche durchkreuzen, und sezt dann im Umfange in jedes der vier Enden der Spalten ein Pfropfreis ein. Weil in den leztern Fällen, so wie beim Pfropfen mit mehreren Reisern in die Rinde, das Subjekt einen neuen Wipfel oder Krone erhält, so nennt man bei beiden Methoden dieses Verfahren auch das Pfropfen in die Krone.

Das Pfropfen mit dem Sattel ist eigentlich das Umgekehrte des vorhergehenden, indem dabei das von beiden Seiten keilförmig zugeschnittene Ende des Subjektes in den Spalt des untern Endes des Pfropfreises eingepaßt wird, wobei aber dieses genau dieselbe Dicke wie das Subjekt haben muß, damit ihre gleichnamigen Theile untereinander in Berührung kommen **).

---

*) Bei dieser Methode erhält das Subjekt ebenfalls eine wagrechte Schnittfläche. Das Pfropfreis wird an seinem untern Ende von zwei entgegengesezten Seiten keilförmig zugeschnitten, jedoch so, daß die hintere Seite, welche gegen die Markröhre des Subjekts zu liegen kommt, schmäler ist als die vordere, die in den Umfang zu liegen kommt und daher stets mit ihrer Rinde versehen seyn muß. Manche schneiden auch den Keil so zu, daß an dessen hinterer Seite alle Rinde weggenommen wird und eine scharfe Kante entsteht, oder man bringt auch, etwa einen halben Zoll über dem untern Ende des Reises, auf beiden Seiten des Keils eine wagrechte Kerbe an, womit das in den Spalt eingeschobene Reis der Schnittfläche des Subjektes aufsizt.

**) Hier wird entweder das obere Ende des Subjektes von zwei entgegengesezten Seiten in einen Keil zugeschnitten, wo dann das Pfropfreis an seinem untern Ende einen entsprechenden Ausschnitt erhält; oder das gerade abgeschnittene Ende des leztern wird nur in der Mitte gespalten, wo das keilförmige Ende des Subjektes auf beiden Seiten einige Linien unterhalb der Spitze eine wagrechte Kerbe erhält, worauf die beiden Hälften des gespaltenen Pfropfreises zu stehen kommen.

Das Kopuliren ist eine Pfropfungsart, wobei man keine Einsetzung in einen Spalt macht, sondern am untern Ende des Pfropfreises und am obern Ende des Subjektes (welche dabei eine gleiche Dicke haben müssen) einander entsprechende schiefe Schnittflächen macht, so daß beide genau aufeinander passen und durch den Verband festgehalten werden können, um zusammen zu wachsen. Diese Methode schließt sich zunächst der vorhergehenden an, bei welcher ebenfalls ein gleich dickes Reis dem Subjekt aufgesezt und diesem also ein anderer Gipfel gegeben wird. Bei beiden muß man darauf sehen, daß das Pfropfreis von einem Baume herrührt, welcher eine möglichst gleiche Geschwindigkeit des Wachsthums wie das Subjekt besizt, wenn man einen schönen, gleichmäßigen Wuchs des gepfropften Stammes erzielen will *).

§. 191.

Durch das Absäugen oder Ablaktiren werden zwei Zweige der nämlichen Pflanze oder von zwei verschiedenen Pflanzen, die noch auf ihren Wurzeln stehen, zur Verwachsung gebracht. Es ist die einzige Impfmethode, welche auch zuweilen im natürlichen Zustande an den Pflanzen wahrgenommen wird, und die früher (S. 302) beschriebenen Verwachsungen zweier Waldbäume sind Beispiele eines natürlichen oder von selbst erfolgten Absäugens, welches die Kunst, zur Vermehrung oder Veredlung mancher Gewächse, nachahmt. Man bewerkstelligt dieses, indem man an beiden Zweigen ein Rindenstück sammt der äußern Splintlage hinwegnimmt, so daß die Wundflächen einander bedecken, der Bast beider Zweige in möglichst vielen Punkten in Berührung kommt und kein leerer Raum zwischen den Schnittflächen bleibt. Die Zweige werden durch einen dauerhaften Verband vereinigt und nöthigenfalls durch Schutzpfähle befestigt, um

*) Bei dem Kopuliren gibt es verschiedene Arten, die Schnittflächen zuzurichten. Die einfachste ist diejenige, wo beide Schnittflächen schief und dabei ganz glatt gemacht werden; dann bringt man aber auch verschiedene bald wagrechte bald schiefe Kerben an, so daß immer die vorspringenden Theile des Pfropfreises in die Einschnitte des Subjektes hineinpassen, und umgekehrt. Dadurch wird zwar eine vielseitigere Berührung möglich; aber es ist auch schwieriger die Schnittflächen ganz genau auf einander passend zu machen, und es verdient daher die erste, einfachere Art den Vorzug.

alle Bewegung zu verhindern, welche eine Trennung verursachen könnte. Nachdem die Zweige mit einander verwachsen sind, kann man einen derselben unterhalb der Verbindungsstelle durchschneiden, worauf er von dem andern Zweige gleich einem gepfropften Reis ernährt wird *).

Da das Absäugen mit Pflanzen vorgenommen wird, die noch auf ihren Wurzeln stehen, so läuft man dabei keine Gefahr, die Stöcke, welche man vermehren will, zu verlieren, wenn die Operation mißlingen sollte. Man wendet es daher vorzüglich in botanischen Gärten bei seltnen und kostbaren Pflanzen an, wie bei Camellien, Magnolien, Passionsblumen u. a. m.

In der Kunstgärtnerei bedient man des Absäugens noch zu verschiedenen andern Zwecken, z. B. um der Krone eines Baumes mehrere Stämme und Wurzeln zu geben, oder um sonstige Verwachsungen von Stämmen und Zweigen zu bewirken. Im Allgemeinen wird aber diese Methode, wie das Pfropfen, hauptsächlich als Mittel benüzt, um einem Baum ganz oder zum Theil eine andere Krone zu geben.

§. 192.

Während man bei den hier beschriebenen künstlichen Vermehrungsarten die Knospen und Zweige nur mit dem Aste oder Stamme einer anderen Pflanze zur Verwachsung zu bringen sucht, hat man auch das Impfen mit und auf Wurzeln in Anwendung gebracht, indem man auf ähnliche Weise durch Pfropfen oder Absäugen, junge Zweige auf Wurzeln und dickere Wurzeläste, oder

---

*) Beim Durchscheiden des ablaktirten Zweiges muß man jedoch wohl Acht haben, daß man denselben nur allmälig von seinem Ast oder Stamm ablöst. Würde man ihn auf einmal abschneiden, so könnte er leicht absterben, da der Saft des Subjektes noch nicht in hinreichender Menge in denselben eintreten würde, um ihn ganz zu ernähren. Man macht daher zuerst nur einen kleinen Einschnitt unterhalb der Impfstelle, den man von Zeit zu Zeit vergrößert, bis der Zweig endlich ganz durchschnitten ist, wobei er immer mehr den Saft aus dem Subjekte an sich zieht, bis er endlich seines frühern Mutterstammes zur Ernährung nicht mehr bedarf. Nun wird auch der Fortsatz, den der angewachsene Zweig nach unten bildet, weggeschniten und die Wunde so nah wie möglich an der Impfstelle geebnet, wo sie dann allmälig vernarbt.

umgekehrt Wurzeläste und stärkere Wurzelzasern auf Aeste des Stammes verpflanzt, ein Verfahren, welches sich in vielen Fällen mit dem besten Erfolg anwenden läßt, wo man eine seltene ausländische Pflanze vermehren will, die sich nicht auf eine andere Weise vermehren oder fortpflanzen läßt. Ebenso kann man bei kranken Bäumen, deren Wurzeln durch Zufall abgerissen, oder durch Insektenlarven beschädigt, oder endlich von einer Krankheit ergriffen sind, die schadhafte Wurzel, durch Absäugen oder Pfropfen mit gesunden Wurzeläsien oder Zasern auf den Wurzelstock (der jedoch noch unversehrt seyn muß), ersetzen und so den Baum vor dem gänzlichen Untergange retten.

In allen bis daher genannten Fällen werden die verschiedenen Methoden der künstlichen Vermehrung auf und mit verholzten Theilen an Bäumen und Sträuchern ausgeführt. Man hat aber auch die Impfung mit krautigen Theilen, nicht bloß an Holzgewächsen, sondern auch an völlig krautartigen Pflanzen, zum Theil mit gutem Erfolge, versucht. So können z. B. die harzführenden Zapfenbäume (Tannen, Lärchen, Araucarien u. s. w.) oder auch andere Bäume mit senkrechtem Hauptstamme durch die noch krautigen Triebe vermehrt werden, wenn man diese durch ein ähnliches Verfahren, wie bei dem Pfropfen in den Spalt, dem Subjekte einsezt. Ebenso lassen sich die sogenannten Fleisch- oder Fettpflanzen (Cactus, Stapelia u. a.) auf verwandte Arten pfropfen*); auch andere mehrjährige und selbst einjährige Pflanzen, z. B. Artischocken auf Disteln, Melonen auf

---

*) Noissette und Turpin behaupten ausdrücklich, daß, wenn verwandte und ähnliche Arten dieser Pflanzen aufeinander gepfropft werden, wirklich eine Verwachsung, so gut wie bei holzigen Pflanzen stattfindet, und der erstgenannte hat (Vollständ. Handb. der Gartenkunst, 2r Band 1r. Theil, S. 110) nachgewiesen, daß Thouin im Irrthum war, wenn er glaubte, es gehe hier keine Verwachsung des Impflings mit dem Subjekte, nach Art der Pfropfreifer, vor sich, sondern es finde blos ein Wurzelschlagen des erstern in der saftigen Substanz der Pflanze oder eine bloße Ernährung nach Art der Schmarozerpflanzen statt. Thouin soll nämlich keine verwandten, sondern Arten von ganz andern Gattungen, wie von Crassula und Cotyledon auf Cactus-Arten gepfropft haben und dadurch zu dieser irrigen Meinung veranlaßt worden seyn, welche auch De Candolle (Physiol. végét. II, p. 789) theilt.

Gurken, Liebesäpfel (Lycopersicum esculentum) auf Kartoffeln, hat man gepfropft und zum Anwachsen gebracht, und endlich lassen sich auch krautige Triebe auf fleischige Wurzeln pfropfen *). Alle diese Versuche beweisen, daß zwischen ähnlichen und verwandten Pflanzenarten in dem Zellgewebe eine Verwachsung stattfinden könne, wenn die gehörige Vorsicht und Sorgfalt angewendet wird. Aber auch bei Bäumen und Sträuchern geschieht die Verwachsung mit dem Auge oder dem Pfropfreis eigentlich nur im Zellgewebe der noch mehr krautigen Theile, daher man bei allen Impfmethoden darauf zu sehen hat, daß der Bast und zugleich also die äußere noch zarte Splintlage und die innere frische Rinde des Impflings und Subjektes genau aufeinander zu liegen kommen. So läßt es sich dann auch erklären, wie zuweilen die Versuche gelungen sind, welche man machte, um Blätter, Blüthen und Früchte durch eine Art von Absäugen zur gegenseitigen Verwachsung zu bringen. Ueberhaupt hat man in der Gartenkunst noch eine Menge von künstlichen Vermehrungsweisen versucht, die aber alle auf den für die hier erzählten Impfmethoden geltenden Grundsätzen beruhen und zum großen Theil auf bloße Spielereien hinauslaufen. Noisette hat 137, Thouin sogar 202 verschiedene Impfmethoden beschrieben.

§. 193.

Bei den künstlichen Vermehrungsweisen der Pflanzen läßt sich zwar im Allgemeinen als Regel annehmen, daß, wenn dieselben gelingen sollen, zwischen dem Impfling und dem Subjekte ein gewisser Grad der Verwandtschaft nicht bloß im äußern und innern Bau, sondern auch hinsichtlich des Wachsthums und der Lebensweise, (d. h. in physiologischer Hinsicht) statt finden müsse. Aber die Grenze dieser Verwandtschaft ist noch so wenig bestimmt, und

*) Was man in manchen Schriften über das Impfen von holzigen Zweigen auf fleischige Wurzeln erzählt findet, geht im Ganzen darauf hinaus, daß die Zweige selbst doch nicht holzig waren und nur von ausdauernden Pflanzen herrührten, die selbst nur wenig in Verholzung übergehen, wie z. B. das Pfropfen der sogenannten baumartigen Päonie (Päonia Moutan) auf die knolligen Wurzelzasern der gemeinen oder Gartenpäonie beweist.

wir stoßen auf so mancherlei anscheinende Ausnahmen von jener Regel, daß uns noch viele Zweifel hierüber bleiben. Es gibt nämlich Beispiele, daß Pflanzen, welche nach unsern Begriffen von der natürlichen Verwandschaft einander sehr nahe stehen, sich gar nicht oder doch nur mit ungewissem Erfolge gegenseitig impfen lassen, während bei andern, die nicht nur in ihrem Bau, sondern auch in ihrer Lebensweise und Dauer sehr verschieden scheinen, die Impfung weit besser gelingt. So läßt sich der Birnbaum nicht auf den ihm in der natürlichen Verwandtschaftsreihe so nahe stehenden Apfelbaum impfen, und die Reiser wachsen höchstens einige Jahre fort, ohne Früchte zu tragen, und sterben dann ab, während sie auf den weniger verwandten Quittenbaum gepfropft, vollkommen gedeihen, und selbst auf dem Mispel und Weißdorn bis auf einen gewissen Punkt sich erhalten. Die Zweige der Kirschenbäume kommen auf den in mancher Hinsicht so nahe verwandten Pflaumen-, Aprikosen-, Pfirsich- und Mandelbäumen nicht fort. Dagegen hat man in manchen Fällen Zweige eines immergrünen Baumes mit gutem Erfolge auf andere Bäume gepfropft, welche ihre Blätter jedesmal im Herbste verlieren, wobei die gepfropften Zweige ihre Blätter wie früher, den Winter über behielten. So ist es gelungen, Zweige des Oelbaums auf Eschen und auf Rainweiden (Ligustrum vulgare) zu impfen. Namentlich wurde dieses mit den Zweigen des schönblühenden japanischen Birnbaums (Pyrus japonica) auf Weißdorn-Stämme versucht, wodurch zugleich bewirkt wurde, daß diese Zweige im freien Lande (nur mit etwas Stroh bedeckt) den Winter bei uns aushielten, während Pflanzen dieser Art, aus Samen gezogen, bei der größten Vorsicht der Winterkälte in unserm Klima nicht widerstehen können. Aehnliche Erfahrungen, in Bezug auf die verminderte Empfindlichkeit gegen die Kälte, hat man auch bei andern Holzpflanzen gemacht. Die ächte Pistazie (Pistacia vera) auf die Terpentinpistazie (Pistacia Terebinthus) geimpft, ist für eine Kälte von zehn Graden unempfindlich, während die aus Samen gezogenen Pflanzen schon bei sechs Graden unter dem Eispunkt erfrieren. Was die weitern Veränderungen betrifft, welche die Holzgewächse durch das Impfen erleiden, so sieht man im Allgemeinen, daß die aus den Impf-

lingen hervorgegangenen Zweige größere und schmackhaftere Früchte hervorbringen, und daß diese Eigenschaften sogar zunehmen, wenn die Impfung mehrmals wiederholt wird. Dagegen haben die Bäume, bei welchen die Impfung am meisten auf die Vergrößerung der Früchte einwirkt, eine weit kürzere Lebensdauer als die andern. Dieses ist aber ein deutlicher Beleg zu dem im Pflanzenreiche überall ausgesprochenen Gesetze, daß durch eine Abnahme oder Hemmung der Vegetationskraft der Fortpflanzungsprozeß zwar beschleunigt und vermehrt, dadurch aber zugleich die Lebensdauer verkürzt werde. Das Impfreis ist einem Steckreis zu vergleichen, welches, anstatt in die Erde auf eine andere Pflanze versezt wurde, auf welcher es trotz der Vereinigung immer ein Fremdling bleibt, was die eigene Zubereitung seines Bildungssaftes deutlich beweist. Es ist in gewisser Hinsicht dem obern Ende eines mit dem Ringschnitte versehenen Zweiges zu vergleichen; je größer daher die Menge des Nahrungssaftes ist, welche demselben von dem Subjekte zugeführt wird, um so reichlicher wird die Entwicklung der Früchte seyn, und diese werden dabei um so größer werden, je öfter durch eine wiederholte Impfung die einem Ringschnitte ähnliche Unterbrechung selbst in dem Gange des Rindensaftes sich wiederholt. Nun äußert zwar das Subjekt ohne Zweifel auch einen großen Einfluß auf das Wachsthum des Impfreises selbst, und auf einem minder kräftigen Subjekte wird dieses nie zu der Größe und Stärke auswachsen als auf einem kräftigen Stamme. Aber bei allem dem übt der leztere doch keine andere Wirkung auf dasselbe aus, als daß er dem Reis eine größere Menge von Nahrungssaft, also ein reichlicheres Material zur Bereitung seines eigenen Bildungssaftes liefert; so daß das Subjekt, ungeachtet dieser verschiedenen Wirkung auf das Wachsthum und Fruchttragen, doch die Natur des Impfreises nicht zu ändern vermag. Was man von Rosen erzählt, welche auf schwarze Johannisbeeren und auf Stechpalmen (Ilex Aquifolium) geimpft, im ersten Falle schwarze, im zweiten grüne Blüthen gebracht haben sollen, von Pomeranzenzweigen, die auf den Granatbaum gepfropft, rothe Pomeranzen trugen u. s. w., ist längst durch die vorurtheilsfreie Beobachtung widerlegt und gehört demnach in das Reich der Mährchen. Ebenso wenig ist auch eine Veränderung der Natur des

Subjektes durch das Impfreis zu erkennen, wenn nicht, wie oben ein Beispiel mit den gescheckten Blättern angegeben wurde, der Impfling dem Stamme eine gewisse Krankheitsanlage mittheilt. Bloße Mißbildungen der Aeste, Blätter und Blüthen theilen sich den gleichnamigen Theilen des Subjektes nicht mit und haften nur an dem Impfreis. Man kann aber allerdings durch das Pfropfen in den Spalt oder in die Krone einem Stamme einen völlig monströsen Wipfel aufpflanzen, wie dieses zum Beispiel mit der gemeinen Robinie (Robinia Pseudacacia) geschieht, welche man durch diese Pfropfart in sogenannte Kugelakazien umwandelt.

2. Von der Vermehrung durch Zwiebeln.

§. 194.

Obgleich die Zwiebeln nichts anders sind, als Knospen auf einem kurzen unterirdischen Stamm (§. 54), so bieten dieselben doch in physiologischer Hinsicht manche eigenthümliche Erscheinungen dar, weßwegen wir dieselben hier noch einmal in Kürze betrachten müssen. Gerade wegen des verkürzten Stammes finden wir in den meisten Fällen die Knospe der Zwiebel als den an Masse überwiegenden Theil, und wir sehen ihre Größe im umgekehrten Verhältnisse mit der des Zwiebelstockes zu- oder abnehmen.

Aus diesem Verhältnisse ergibt sich schon, daß die Zwiebel aus ihrem Stocke nur wenig zubereitete Nahrungsstoffe bei ihrem Ausschlagen erhalten kann. Daher hat die Natur dafür gesorgt, daß in den Blättern ihrer Knospe selbst ein Vorrath von Nahrungsstoffen aufgespeichert werde, und während die gewöhnlichen Knospen des oberirdischen Stammes im Frühling ihre erste Nahrung aus der Wurzel und dem Stamme allein erhalten, haben die äußern, dicken Zwiebelschalen in ihrem eigenen Parenchym einen Vorrath von Nahrungsstoffen abgelagert, welcher durch die von den Wurzelzasern des Stockes eingesogene Flüssigkeit aufgelöst und zur Ernährung der jüngern, über die Erde hervortretenden Theile verwendet wird, bis dieselben so weit entfaltet sind, daß sie ihren Nahrungssaft sich selbst bereiten können. In allen Fällen, wo der Blüthenschaft vor den Blät-

tern über dem Boden erscheint, wie bei der gebräuchlichen Meerzwiebel (Scilla maritima), muß dieser zum größten Theil durch die Zwiebelschalen ernährt werden, da der äußerst kurze Zwiebelstock mit seinen Fasern unmöglich die zur Ernährung hinreichende Menge von Nahrungsstoffen liefern können. Das Nämliche gilt von den festen oder dichten Zwiebeln (I, S. 226) der Herbstzeitlose (Colchicum autumnale) und mehrerer Safran-Arten (Crocus), wo die Hauptmasse der Zwiebel nur durch die verwachsenen Zwiebelschalen gebildet wird und, durch die aus ihrer Seite oder ihrem Gipfel sich entfaltenden und ihre Triebe über den Boden emporschickenden Knospen, in physiologischer Hinsicht sich den Knollen ganz ähnlich verhält. Man erkennt die Erschöpfung des Nahrungsvorrathes während jener Entfaltung leicht an dem Dünnerwerden und Austrocknen der im Umfang liegenden Zwiebelschalen, welche eben dadurch zur schützenden Decke für die gleichzeitig entstehenden jüngern, zarten Theile werden. Bei dem Ausschlagen der Zwiebel findet hauptsächlich der Unterschied zwischen ihr und der gewöhnlichen Knospe statt, daß ihre Achse, so weit sie die eigentlichen Blätter trägt, in der Regel sich gar nicht verlängert, indem nur bei denjenigen Theilen, welche schon dem Blüthenstand angehören, eine Verlängerung der Interfoliartheile eintritt; wo aber wirklich ein beblätterter Stengel aus dem Schooße der Zwiebel sich erhebt, wie bei dem Hundszahn (Erythronium), der Lilie, Tulpe und Kaiserkrone, da geht derselbe aus einer eigenen, mehr oder weniger deutlich von der Mutterzwiebel unterschiedenen Knospe hervor, und wir sehen ihn nach der Fruchtreife auch jedesmal bis zu der verkürzt gebliebenen eigentlichen Zwiebelachse absterben. Daraus läßt sich auch das geringe Längenwachsthum des bleibenden Zwiebelstockes erklären, welches dadurch noch weniger bemerkbar wird, daß bei den meisten Zwiebelgewächsen der Stock so ziemlich in gleichem Verhältnisse von seinem Grunde aus abstirbt, als er sich nach oben um ein kleines Stück verlängert. Außerdem stimmt jedoch der Zwiebelstock in der Art, wie er in die Länge und Dicke wächst, ganz mit den Stämmen derjenigen Pflanzenklasse überein, welcher er angehört.

Die Zwiebeln treiben in der Regel, wie die Knospen der Bäume, jährlich im Frühling ihre Blätter und Blüthenschäfte

oder Stengel, und manche Zwiebelgewächse gehören zu denjenigen Pflanzen, welche durch die Entfaltung ihrer Blüthen schon in den lezten Wintermonaten dem Freunde der Natur die baldige Wiederkehr der mildern Jahreszeit verkünden, wie die Schneeglöckchen (Galanthus und Leucojum), die gelben, blauen und weißen Crocus-Arten, welche oft schon zu Ende des Februars die Blumenbeete in unsern Gärten mit ihren lieblichen Blüthen schmücken, worauf später die Hyacinthen, die Narcissen, die Tulpen, die Kaiserkronen u. s. w. folgen. Diese haben meist schon bis zum Anfange des Sommers ihre Vegetationszeit vollendet, wo die über die Erde hervorgetretenen Theile absterben und ein Stillstand in dem Wachsthum der Zwiebel eingetreten scheint. Doch gibt es auch Zwiebeln, deren Stengel oder Schäfte erst im Sommer zur Blüthe kommen, wie die der Lilien und Lauchharten, und wieder andere bringen ihre Blüthen in den Herbstmonaten, wie die der Lilien und Lauchharten und wieder andere bringen ihre Blüthen in den Herbstmonaten, wie die Herbst-Zeitlose (Colchicum autumnale), die Herbst-Meerzwiebel (Scilla autumnalis), und der ächte Safran (Crocus sativus), deren Blüthezeit in den September und Oktober fällt. Es ist zwar allerdings während der Blüthezeit und bis zur Fruchtreife der in den Zwiebeln aufgehäufte Nahrungsvorrath aufgezehrt worden und mit dem Absterben der über den Boden hervorgekommenen Theile der Trieb nach dieser Richtung geschlossen; aber das Wachsthum der Zwiebel selbst hat darum für dieses Jahr noch nicht aufgehört und der oben erwähnte Stillstand ist nur ein scheinbarer. Denn während des Ausschlagens der blüthenbringenden Knospen hat sich auch schon die junge Brut für das kommende Jahr entwickelt, gerade so, wie beim Ausschlagen der Bäume in den Winkeln der Blätter und auf den Gipfeln der Triebe zugleich schon die Erzeugung neuer Knospen stattfindet. Die Brutzwiebeln (I, S. 227) entstehen auf gleiche Weise aus der verkürzten Zwiebelachse (dem Zwiebelstock) neben und über der alten Zwiebel oder in den Winkeln ihrer Schalen, und bleiben von diesen noch längere Zeit umhüllt oder treten auf einem fadenförmigen Stiele (wodurch sie an die gestielten Knospen der Erlen erinnern) aus ihrer Mutterzwiebel hervor. Von die-

ser werden sie noch so lange ernährt, bis sie selbst im Stande sind, aus ihrem Nahrungsvorrathe sich zu erhalten, worauf sie sich von der alten Pflanze trennen und mit dem Beginnen einer neuen Wachsthumsperiode zu selbstständigen Pflanzen sich entfalten. Diese Vervielfältigung der Pflanze durch die sich ablösenden Brutzwiebeln ist eine Lebensverrichtung, vermittelst deren die Vermehrung durch Knospen sich in ihrem Endergebnisse schon sehr der Fortpflanzung durch Samen nähert; doch unterscheidet sich dieselbe von der leztern immer noch deutlich genug dadurch, daß ihr nur ein Akt der Vegetation zum Grunde liegt, daß sie also noch aus dem Kreise jener Funktionen entsprungen ist, welche wir als untergeordnete der bloßen Ernährung kennen lernten.

Durch die Anhäufung von Nahrungsstoffen in allen Theilen der Zwiebeln können diese sehr lang ihre Lebenskraft erhalten und oft nach mehreren Jahren, nachdem sie aus dem Boden genommen worden, wenn sie nur vor dem völligen Eintrocknen geschüzt waren, noch treiben und in Blätter und Stengel auswachsen. Man hat Beispiele, daß die nicht vollständig getrockneten Zwiebeln von Pflanzen, selbst in Herbarien aufbewahrt, nach einigen Jahren noch die Neigung zeigten, ihre Brut zu entfalten, und wenn man der Angabe von Houlton*) Glauben beimessen dürfte, so würde die Dauer der Lebenskraft der Zwiebeln an das Unglaubliche grenzen.

Den Uebergang von den gewöhnlichen Knospen zu den Brutzwiebeln machen die Bulbillen oder Knospenzwiebelchen (I, S. 227), welche, wie die Knospen, aus den Blattwinkeln der Stengel und Schäfte entspringen, dabei aber in ihrer Bildung mehr mit den Brutzwiebeln übereinkommen. Sie sind im Ganzen unvollkommener entwickelt als die wahren Knospen, da in ihnen die Anlage des künftigen Triebes mit seinen Thei-

*) Derselbe zeigte in der medicinisch botanischen Gesellschaft in London eine Zwiebel vor, die in der Hand einer ägyptischen Mumie gefunden worden seyn soll, in welcher sie wohl 2000 Jahre gelegen haben könnte. Nach seiner Angabe fing dieselbe an, als sie der Luft ausgesezt wurde, zu treiben und wuchs, in die Erde gepflanzt, sehr rasch weiter (vergl. Journ. of the roy. Institution of Great-Britain. Octob. 1830. p. 197).

len meist weniger ausgebildet ist als in diesen; aber ihre äußersten Blättchen sind gewöhnlich dick und fleischig, und darum können auch Bulbillen sich von ihrer Mutterpflanze trennen und zu selbstständigen Pflanzen auswachsen, weil die äußern Blättchen, vermittelst der in ihnen angehäuften Nahrungsstoffe, gleich den verdickten Samenlappen des Keimes, die erste Ernährung des sich entfaltenden Triebes besorgen können, bis dieser seine Wurzelzasern getrieben hat und dann mit deren Hülfe, ähnlich der keimenden Pflanze, aus dem Boden selbst die zur fernern Ausbildung nothwendige Nahrung einsaugen kann. Diese Vervielfältigung durch Bulbillen kommt in allen Klassen der Gefäßpflanzen vor. Wir finden sie z. B. unter den kryptogamischen Gefäßpflanzen bei den Lykopodiaceen und Farnen; unter den Monokotyledoneen bei mehreren Lilien und Laucharten; unter den Dikotyledoneen bei Steinbrech-Arten (Saxifraga bulbifera und S. granulata), bei der zwiebeltragenden Zahnwurz (Dentaria bulbifera), dem zwiebeltragenden Knöterich (Polygonum viviparum) u. a. m. Bei allen können diese Knospenzwiebelchen, von der Mutterpflanze getrennt, in dem ihnen entsprechenden Boden Wurzeln treiben und zu selbstständigen Pflanzen, so gut wie die Brutzwiebeln, auswachsen.

Die Bulbillen kommen zwar meist auf oberirdischen Stengeln vor, wo sie, wie früher bemerkt, von den Winkeln der Stengelblätter bis in den Blüthenstand hinauf gehen und die Blüthen theilweise oder ganz verdrängen, wie bei manchen Laucharten. Bei dem körnigen oder weißen Steinbrech (Saxifraga granulata) entspringen sie aber aus dem fadenförmigen unterirdischen Stengel [1]) und zwar gewöhnlich in solcher Menge, daß sie denselben ganz verdecken. Diese Bulbillen haben noch das Eigene, daß sie unter ihren Schalen, noch während sie der Mutterpflanze aufsitzen, einen Haufen von Brutzwiebelchen einschließen oder vielmehr ganz aus solchen bestehen, wodurch die Möglichkeit einer außerordentlichen Vervielfältigung der Pflanze gegeben ist. Ebenso wurden früher schon mehrere Pflanzen (Aspidium bulbiferum, Fig. 258, und Verea pinnata, Fig. 259) erwähnt,

---

[1]) Bischoff Handb. d. Terminol. u. Systemk. T. 21, Fig. 626.

bei welchen die Bulbillen aus den Blättern selbst entstehen, und Turpin führt einen Fall an, wo aus einem gewaltsam zerknitterten Blatte des straußblüthigen Milchsterns (Ornithogalum thyrsoides), nachdem dasselbe in diesem Zustande einige Wochen vor dem Austrocknen geschüzt, zwischen mehreren Papierbogen gelegen, allenthalben Bulbillen hervorkamen, welche in Töpfe gepflanzt, zu jungen Pflanzen auswuchsen *). Endlich reihen sich, in physiologischer Beziehung, auch die Ausläuferknospen der Erdbeere [1]), des wurzelrankigen Steinbrechs (Saxifraga sarmentosa), mancher Farne (Fig. 260) u. a. m. den Bulbillen an, da sie, obgleich auf ihrer Mutterpflanze noch zur Entfaltung gelangend, sich doch später von dieser trennen, selbstständig fortbestehen und so ein Mittel zur Vervielfältigung dieser Pflanzen werden.

§. 195.

Aber nicht allein die Gefäßpflanzen bringen solche zur Vervielfältigung des Gewächses bestimmte Organe hervor; auch bei den Zellenpflanzen werden dieselben beobachtet, und was wir früher (I, S. 237) bei diesen Pflanzen als Brutkörner unterschieden haben, das sind, aus dem physiologischen Gesichtspunkte betrachtet, nichts anderes als wirkliche Brutknospen, und darin mit den Bulbillen übereinstimmend, daß sie nach ihrer Trennung von der Mutterpflanze ebenfalls in eine neue, dieser ähnliche Pflanze unmittelbar auswachsen. Diese Entfaltungsweise ist bei den größern Brutkörnern der Marchantieen genauer beobachtet, und besteht im Allgemeinen darin, daß das linsenförmige Korn an zwei Enden sich

---

*) *Turpin* Organographie végétale (Mém. du Mus. d'hist. nat. XVI, p. 158—192). Die Entstehung dieser Bulbillen läßt sich wohl daraus erklären, daß in dem ziemlich saftigen Blatte durch das Zerknittern allenthalben der Bildungssaft in seiner Bewegung gehemmt wurde und nun, da doch das Leben des Blattes noch fortdauerte, an den verschiedenen Stellen, wo dieser Saft stagnirend wurde, neue Bildungen hervorgingen, die sonst durch den absteigenden Saft erst im Stocke der Mutterzwiebel würden hervorgerufen worden seyn.

[1]) Bischoff, Handbuch d. Terminol. u. Systemk. T. 21, Fig. 598.

in entgegengesezter Richtung in ausgerandete Laublappen verlängert, die nach unten Wurzelhaare treiben und sehr bald ganz das Ansehen der Mutterpflanze erhalten, wobei das Merkwürdige vorkommt, daß die erste Entfaltung nicht von einem Ende, sondern von einer quer die Mitte des Korns durchschneidenden Linie ausgeht, die also hier die Grenzscheide des entgegengesezten Wachsthums wird, von welcher aus auch später das Absterben und die Trennung der Laubzipfel beginnt. Bei den Moosen (Tetraphis pellucida, Mnium androgynum) hat man das Auswachsen der Brutkörner noch nicht durch alle Entfaltungsstufen verfolgt; aber die Wurzelhaare, welche man zuweilen schon an denselben antrifft, während sie noch auf der Mutterpflanze sitzen, zeigen schon den Anfang ihrer Entfaltung an, wobei jedoch wahrscheinlich das Wachsthum nur nach einer Richtung geht, da man die Wurzelhaare nicht aus der Mittelfläche, sondern aus einem Ende des Korns entspringen sieht, welches wohl als die Basis desselben zu betrachten seyn wird, von wo aus die Dehnung in die Länge vor sich geht. Die (a. a. O.) erwähnten Brutkörner auf den Astgipfeln und Blatträndern der Jungermannien hat ebenfalls noch Niemand in junge Pflanzen auswachsen sehen, und man hat daher Zweifel dagegen erhoben, daß sie den genannten Vermehrungsorganen beizuzählen seyn möchten; wenn dieses aber durch spätere Beobachtungen dennoch bestätigt werden sollte, so würden sie sich in physiologischer Hinsicht den Brutknospen allerdings anreihen, und dasselbe ist der Fall mit den (I, S. 238) beschriebenen Brutkörnern der Flechten, welche sich weit eher den Brutknospen als etwa den Knollen dadurch anreihen, daß sie unmittelbar und ganz in das junge Lager auswachsen und nicht wie die Knollen eine später vergehende Unterlage zeigen.

3. Von der Vermehrung durch Knollen.

§. 196.

Aus der (§. 55) gegebenen Beschreibung der Knollen geht hervor, daß dieselben in ihrer Bestimmung zwar den Brutzwiebeln und Bulbillen ähnlich, aber von beiden dadurch verschieden sind, daß sie nicht bloße Knospen mit verkürzten Achsen,

sondern verdickte Aeste oder Interfoliartheile darstellen, welche eine oder mehrere gewöhnliche Knospen tragen. Während sich demnach bei der Brutzwiebel und den Bulbillen erst nach ihrer Trennung von der Mutterpflanze allmälig der Zwiebelstock weiter ausbildet, ist der dem leztern entsprechende Theil oder der Körper des Knollens schon vor der Entfaltung seiner Knospe und während er der Mutterpflanze noch verbunden ist, vollkommen entwickelt. Daher wächst derselbe nach seiner Trennung von der leztern nicht weiter, sondern nimmt vielmehr während des Ausschlagens und Wachsthums seiner Knospe an Masse beständig ab, bis er endlich von dieser ausgesogen, gänzlich abstirbt, worauf dann der entfaltete Trieb als selbstständige Pflanze fortbesteht. Anstatt daß bei der Zwiebel der Nahrungsvorrath vorzüglich in den Schalen der Zwiebelknospe sich ansammelt, finden wir denselben beim Knollen nur in dessen Körper oder Unterlage angehäuft, so daß die leztere allein den aus der Knospe sich entfaltenden Trieb so lang ernähren muß, bis dieser hinlänglich bewurzelt ist, um sich selbst seine Nahrung aus dem Boden einzusaugen und zu verarbeiten. Der in den Knollen angehäufte Vorrath von Nahrungsstoffen besteht zwar zum Theil, wie in den Schalen der meisten Zwiebeln, ebenfalls aus schleimigen Stoffen, z. B. bei den Orchideen; aber in den meisten Fällen wird er durch Stärkmehlkörner gebildet, welche das ganze Parenchym des Knollenkörpers erfüllen *).

---

*) Hier muß ich eine Berichtigung, in Bezug auf den früher (§. 16. und §. 127) beschriebenen Bau der Stärmehlkörner in den Pflanzen, nach den Beobachtungen von Jul. Fritzsche (in Poggendorf Annal. XXXII, S. 129 und in den Annal. d. Pharmacie XII, S. 205) einschalten, von deren Richtigkeit ich mich seitdem selbst durch den Augenschein überzeugt habe. Die Struktur der Stärkmehlkörner ist keineswegs so einfach, wie sie Raspail angegeben hat. Eine genauere Vergleichung unter dem Mikroskope (bei 240maliger Linearvergrößerung) zeigt, daß jedes Korn aus einer Menge concentrischer Lagen besteht, die auf der Oberfläche desselben als eben so viele Ringe erscheinen. Die Fälle, wo mehrere einfache Körner zu einem zusammengesezten Korn zusammengetreten nnd dann mit mehreren gemeinschaftlichen Lagen umgeben sind, beweisen, daß alle Körner durch allmälige Ablagerung der äußern Schichten über die innern entstanden sind. Wenn man im Juni oder Juli den alsdann an der Kar-

Bei den meisten Pflanzen löst sich der Knollen noch vor der Entfaltung seiner Knospe von der Mutterpflanze los; selten und mehr als Ausnahme von der Regel, sieht man ihn auf dem Stamm der Mutterpflanze unmittelbar in Triebe auswachsen und derselben als Ast verbunden bleiben, wie bei den Schaftha-men (Fig. 120) und auf dem Stengel der Kartoffel, wenn sich an dem leztern, was in feuchten Sommern zuweilen geschieht, über der Erde aus den untersten Astachseln und Blattwinkeln noch sitzende Knollen entwickeln [1]). In allen Fällen wird aber der im Parenchym des Knollenkörpers angehäufte Nahrungsstoff aufgelöst und in andere Stoffe umgewandelt, sobald die Entfaltung der Knospe beginnt, und daß diese Umbildung der Bestandtheile selbst schon vor dem Ausschlagen beginnt, haben wir (S. 174) aus der verschiedenen Menge des Stärkmehls ersehen, welches die Kartoffeln in den verschiedenen Monaten vom Herbste bis zum Frühling enthalten. Auch ist es durch die Erfahrung bewiesen, daß in den Kartoffeln bei längerem Liegen derselben das Stärkmehl (durch) eine rückschreitende Umwandlung) zu Zucker wird.

---

toffelpflanze noch hängenden alten Knollen untersucht, so findet man, daß in der Mitte desselben der größte Theil des Stärkmehls verschwunden ist, und daß die noch übrigen Körner viel kleiner sind und ganz andere Formen haben, als in der frischen, reifen Kartoffel. Die meisten Körner (welche früher eiförmig, ellipsoidisch oder fast kugelig waren) sind jezt kegelförmig und laufen in eine mehr oder weniger feine Spitze aus, andere sind keulenförmig oder laufen an beiden Enden spitz zu; alle aber stimmen darin überein, daß die Schichten, welche man an ihnen noch sehr deutlich erkennen kann, nicht mehr geschlossen sind, sondern daß alle Körner gleichsam nur aus tellerförmigen, übereinander gethürmten Stücken bestehen. Aus der Vergleichung dieser Körner mit den vollkommenen Körnern ergibt sich, daß die erstern dadurch entstanden sind, daß sich die leztern während des Wachsthums des Kartoffeltriebes allmälig von ihrer Oberfläche aus mehr oder weniger ungleichmäßig aufgelöst haben; da nun die Reste dieser Schichten immer noch verbunden bleiben, so lange man die Rudimente der Körner beobachten kann, und nie ein Austreten eines flüssigen Inhaltes erkennen lassen, so folgt daraus, daß die Stärkmehlkörner nicht (wie Raspail glaubt) aus einer häutigen Hülle, mit einer in Wasser löslichen Masse gefüllt, bestehen, sondern aus soliden Schichten gebildet werden und also feste Körner darstellen.

[1]) Bischoff, a. a. O. T. 21, Fig. 628, b c.

Die Knollen, welche mehr als eine Knospe tragen, scheinen dennoch häufig nur einen Trieb zu entfalten, welcher dann zu einem Stengel ohne Grundwurzel auswächst. Man kann aber auch die übrigen Knospen zum Treiben bringen, wenn man sie mit einem Theile des Knollens trennt und in die Erde legt, und dieses Verfahren wird wirklich nicht selten beim Kartoffelbau angewendet, indem man die Kartoffeln in mehrere Scheiben schneidet, deren jede mit einer Knospe versehen ist, welche sie nach dem Ausschlagen so lange ernährt, bis der Trieb selbst dieß zu thun im Stande ist.

4. Von der Vermehrung durch Lenticellen.*)

§. 197.

Die Lenticellen können an allen Theilen des Stammes der Gefäßpflanzen über und unter der Erde entstehen. Ueber der Erde sehen wir sie nur bei gewissen Pflanzen unter allen Umständen und selbst dann hervorgehen, wenn der Stamm und die Aeste nicht einmal den Boden berühren, wie dieses bei allen mit Luftwurzeln (I, S. 59) versehenen Gewächsen der Fall ist. Wenn aber die aus den Lenticellen hervorgegangenen Luftwurzeln keinen Boden finden, wo sie haften können, so sterben sie endlich ab und vertrocknen; dabei können sich dieselben jedoch in manchen Fällen dergestalt vermehren, daß sie den Stamm oder die Zweige ganz überdecken, wie man dieses an den Aesten des wurzelnden Sumachs (Rhus radicans), welche keinen fremden Körper zum Anwurzeln finden, und mehr noch bei manchen baumartigen Farnstöcken sieht, die weit hinauf mit einem dicken Filze aus solchen abgestorbenen durcheinander verwebten Luftwurzeln ganz umkleidet sind [1]). Bei vielen Pflanzen, welche gewöhn-

---

*) Unter den Lenticellen, welche wirklich zur Vermehrung der Pflanzen dienen, können hier nur diejenigen verstanden werden, die sich unmittelbar zu Wurzelzasern auszubilden vermögen und welche wir (S. 53) von den oberflächlichen Rindenhöckerchen als wahre Wurzelknospen unterschieden haben, so daß von den (§. 56) beschriebenen nur die des Epheus und wurzelnden Sumachs, so wie die mehr regelmäßig gestellten und die (a. a. O.) auf diese folgenden, hierher gehören.

[1]) Bischoff, Handb. der Terminol. und Systemk., T. 49, Fig. 295.

lich keine Wurzeln aus ihren über dem Boden befindlichen Theilen treiben, kann eine Erzeugung von Lenticellen hervorgerufen werden, wenn diese Theile mit einem hinlänglich feuchten Boden in Berührung kommen. An den unter der Erde befindlichen Theilen findet daher gewöhnlich eine fortwährende Erzeugung von Lenticellen statt. Bei den Stammformen sieht man dieselben in den meisten Fällen nur aus den knotig verdickten Stellen an den Enden der Interfoliartheile entspringen; sie stimmen darin mit den winkelständigen Knospen überein, und die in solchen knotigen Theilen, wegen des mehr zusammengedrängten Gewebes und des gewundenen Laufes der Gefäßbündel, stattfindende Verzögerung der Säftebewegung, welche zugleich ein längeres Verweilen und eine vermehrte Ablagerung von Cambium an diesen Stellen zur Folge hat, wird hier die Ursache zur Entwicklung von beiderlei Vermehrungsorganen. Daher sieht man bei den meisten mit deutlich begrenzten Interfoliartheilen versehenen Pflanzen auf der Grenze derselben einen Kranz von Lenticellen entstehen, was besonders an den unterirdischen Stämmen sehr in die Augen fallend ist. Bei solchen Pflanzen dagegen, wo bei einer Spiralstellung der Blätter die Interfoliartheile weniger scharf abgesezt erscheinen, entspringen die Lenticellen, auch häufig mehr regellos aus der ganzen Länge des Stammes oder seiner Aeste, wie bei dem Epheu, dem wurzelnden Sumach und vielen anderen Pflanzen, die nur unter gewissen Verhältnissen zur Erzeugung von Lenticellen gebracht werden können.

Die genauen Untersuchungen, welche Hugo Mohl über die Entstehung der wahren Wurzelknospen an Weidenzweigen anstellte *), haben gezeigt, daß dieselben als eine gallertartige Masse auf dem Holzkörper entstehen und von diesem aus die Rinde später durchbrechen, und ich selbst habe mich durch spätere Untersuchungen an sehr verschiedenen Pflanzen überzeugt, daß die aus solchen Lenticellen hervorgehenden Wurzelzasern mit dem Gefäßbündelkreis und selbst mit der Markröhre des Stammes oder Astes in Verbindung stehen, also kein bloßes Erzeugniß der Rinde sind, wie die Rindenhöckerchen, welche früher (§. 56 nach De

*) H. Mohl: Sind die Lenticellen als Wurzelknospen zu betrachten, (Allgem. bot. Zeit., 1832, I, S. 65 — 74).

Candolle's Angabe) zugleich mit diesen wahren Wurzelknospen beschrieben wurden, aber in jeder Beziehung davon getrennt werden müssen.

Auf den unterirdischen Stämmen, welche keine Haupt- oder Stammwurzel besitzen und daher von ihrem Grunde aus allmälig absterben, sieht man auch auf den ältern Theilen, und noch vor ihnen, die Wurzelzasern absterben, welche aber immer wieder durch neue aus den Lenticellen der jüngern Theile entspringende Zasern ersezt werden. Besonders deutlich läßt sich dieses bei dem Zwiebelstocke beobachten, wo die jährlich über den ältern entspringenden jüngern Wurzelzasern an ihrer hellern Farbe und saftigern Konsistenz sogleich zu erkennen sind. Aber nicht bloß bei den mit einer Zaserwurzel versehenen Pflanzen kommt diese jährliche Erneuerung der Wurzelzasern vor; sie findet eben so auch bei der Stammwurzel statt. An dieser (so wie überhaupt an den unter der Erde befindlichen Theilen der ausdauernden Pflanzen) entwickeln sich noch vor dem Anfange des Frühlings aus den jüngsten Verzweigungen die neuen Wurzelzasern, welche dann anfangen ihre Thätigkeit auszuüben und die Feuchtigkeit der Erde einzusaugen, die, wie wir wissen, im ersten Frühling in so großer Menge und mit einer außerordentlichen Kraft in der Wurzel und dem Stamm aufsteigt und das Ausschlagen der Knospen anregt. Es scheint nun zwar allerdings, daß auch bei der Stammwurzel ein Theil der ältern Wurzelzasern allmälig absirbt, während gegen die Spitze hin fortwährend neue Zasern entstehen. Daß aber ein periodisches Absterben aller ältern Wurzelzasern stattfinde, ist nicht wohl anzunehmen, da offenbar die Zasern der Stammwurzel nichts anderes sind, als die jüngsten Verzweigungen derselben, die zum großen Theil in wirkliche Wurzeläste auswachsen. Sie können durch ungünstige Einflüsse zum Absterben veranlaßt werden, wie man z. B. auch die ältern Aeste der Waldbäume in einem geschlossenen Bestande, durch die obern Zweige ihres eigenen Stammes sowohl als durch die Aeste der Nachbarbäume unterdrückt, absterben sieht. Man hat bei den Wurzeln ohne Unterschied einen dem jährlichen Blattwechsel analogen Wechsel der Wurzelzasern annehmen wollen, und als Beweis dafür unter andern die Beobachtung angeführt, daß die Wurzeln der Topfpflanzen, wenn sie allmälig die Töpfe anfüllen,

endlich absterben und, weil sie sich nicht erneuern können, den Tod der Pflanze nach sich ziehen. Damit verhält es sich aber anders, als man gewöhnlich glaubt. Statt daß solche Wurzeln im freien Lande sich ungehindert nach allen Seiten ausbreiten und in die Tiefe hinab dringen können, stoßen sie in diesem gezwungenen Stande bald allenthalben an die Wände des Topfes an, können sich nicht weiter in ihrer natürlichen Richtung verlängern und werden dadurch, so wie durch ihre allzugroße Anhäufung in dem beengten Raume, gleichsam erstickt. Daher muß man an solchen Topfpflanzen von Zeit zu Zeit die durcheinander gefilzten Wurzelzasern auf eine gewisse Strecke rund herum abschneiden und den dadurch im Topfe gewonnenen Raum mit frischer Erde ausfüllen, damit in dieser die neuen Wurzelzasern sich wieder mehr verbreiten können. Ein Baum oder Strauch, in einen Behälter gestellt, in welchem zwar ein ungehinderter Zutritt von Licht und Luft statt hat, wo aber die Zweige allenthalben an die Wände anstoßen, wird dieselben Erscheinungen zeigen und nur durch das wiederholte Gipfeln der Zweige, um den neu sich entfaltenden Trieben Raum zu geben, vor dem frühen Absterben geschüzt werden.

Es ist früher schon (I, S. 235) auf die oft regelmäßige Stellung der Lenticellen aufmerksam gemacht und dabei auf eine gewisse Verwandtschaft zwischen ihnen und den Knospen hingedeutet worden; auch wurde daselbst zur Bestätigung dieser Verwandschaft die oft gemachte Beobachtung angeführt, daß Wurzeln und Stämme, so weit sie unter der Erde befindlich, Lenticellen und Wurzelzasern treiben, dagegen von Erde entblöst, statt der Zasern Knospen und beblätterte Triebe bringen. Darum können auch die Wurzelzasern, besonders wenn sie knollig verdickt und mit reichlichem Nahrungsvorrathe versehen sind, wie die rübenförmigen Zasern der Päonien und Georginen, auf ähnliche Weise wie die Knollen, zur Vervielfältigung der Pflanze dienen, da dieselben von dem unterirdischen Stocke getrennt und in die gehörige Lage gebracht, zum Treiben von Knospen und Stengeln veranlaßt werden.

Die Lenticellen sind für die Gefäßpflanzen von größter Wichtigkeit. Nur durch das Vermögen, Lenticellen und aus diesen Wurzelzasern zu treiben, wird es den aus Knollen hervorgehen-

den Trieben, den Brutzwiebeln und Bulbillen möglich, sich zu erhalten und weiter zu entfalten. Die Ausläuferknospen der Erdbeere u. a. m. werden nur dadurch zur Vervielfältigung der Pflanze geschickt, daß sie aus ihrem knotig verdickten Grunde Lenticellen treiben. Alle einer Grundwurzel (I, S. 60) entbehrenden Pflanzen können nur dadurch sich erhalten, daß sie unter der Erde aus ihren Stämmen und Aesten Lenticellen bringen. Den Rhizophoren sind die aus den Lenticellen über der Erde hervorgehenden Zasern zugleich Stützen und scheinen ebenfalls die Hauptwurzel ersetzen zu können, da der Stamm dieser Pflanzen (Fig. 92) von den Luftwurzeln, gleichsam schwebend über der Erde gehalten wird. Es ist schon (I, S. 235) erwähnt worden, daß die großen Luftwurzeln endlich ganz den Aesten und Stämmen dieser Bäume ähnlich werden, unter der Erde, wenn sie einmal in diese eingedrungen, zwar Lenticellen und Wurzelzasern, über dem Boden aber Knospen und beblätterte Triebe bringen können. Es soll hier nur noch einer sonderbaren, von Turpin*) erzählten Erscheinung bei den Clusien gedacht werden. Diese in Westindien, Südamerika und zum Theil auch auf den Inseln der Südsee vorkommenden (zur Familie der Guttiferen gehörigen) Pflanzen, welche sich als Schmarotzer, wie der Mistel, auf andern Bäumen ansiedeln, treiben Lenticellen und aus diesen lange, fadenförmige Wurzelzasern, die von 80 bis 100 Fuß Höhe herab in den Boden eindringen, in diesem Seitenzasern treiben, über der Erde aber Knospen und beblätterte Triebe bringen. Sobald sie den Boden erreicht haben, wachsen sie so rasch in die Dicke, daß sie sich bald von den Seiten berühren und miteinander dergestalt verwachsen, daß sie den Stamm des sie tragenden Baumes gleich einem Futterale einschließen, ihre eigene Pflegemutter auf diese Weise ersticken und nun selbst einen starken Stamm zu bilden scheinen. Turpin sah auf St. Domingo einen solchen freudig grünenden, aus den verwachsenen Luftwurzeln gebildeten Stamm der rosenrothen Clusie (Clusia rosea), welcher einen sehr dicken und noch ganz gut erhaltenen Stamm eines Mahagonibaums (Swietenia Mahagoni) eingeschlossen hielt, der wahrscheinlich viele Jahre in diesem Zustande ausgehalten hatte.

---

*) *Turpin*, Iconographie végétale p. 74 et 75.

Wie sich nun die meisten Gefäßpflanzen durch Knospen und Pfropfreiser auf künstliche Weise vermehren lassen, so kann man auch die Pflanzen vermittelst aller Theile, welche in der feuchten Erde Lenticellen zu treiben vermögen, durch künstliche Behandlung vervielfältigen. Von manchen Holzgewächsen, deren Zweige zur Erzeugung von Lenticellen vorzüglich geneigt sind, wie die Weiden, Pappeln und der Weinstock, dann von den Saftgewächsen (Cactus-, Stapelia-, Crassula-Arten u. s. w.) braucht man nur einen abgeschnittenen Zweig mit seinem Grunde in den Boden zu bringen, worauf sich die Lenticellen entwickeln, ihre Wurzelzasern treiben und dadurch der Zweig die Fähigkeit erhält, sich zu ernähren und zu einer selbstständigen Pflanze auszuwachsen. In manchen Fällen wird die Bewurzelung der Zweige dadurch befördert, daß man auch einen Schild der Rinde und des Splintes von dem Stamm oder Aste, dem sie angehörten, mit ihrem Grunde in Verbindung läßt und in die Erde versenkt. Auf diesem Wurzelschlagen abgelöster Zweige beruht die Vermehrung der Pflanzen durch Stecklinge oder Steckreiser. Von andern holzigen oder krautigen Pflanzen, deren abgeschnittene Zweige, bevor sie Wurzeln getrieben, leicht absterben könnten, werden die Zweige, während sie noch mit der Mutterpflanze in Verbindung sind, mit Erde umgeben, indem man entweder einen oder mehrere der zunächst am Boden befindlichen Triebe herabbiegt und eine Strecke weit mit Erde überdeckt, oder indem man um einen der oberen Zweige einen mit Erde angefüllten Topf befestigt*). In beiden Fällen wird bei knotigen Aesten darauf gesehen, daß ein oder mehrere Knoten in die Erde versenkt werden, weil aus den Knoten die Lenticellen sich am leichtesten erzeugen; nachdem die Zweige gehörige Wurzeln getrieben haben, kann man dieselben unterhalb der bewurzelten Stelle von ihrer Mutterpflanze trennen und mit ihrem Erdballen an andere

*) Im ersten Falle werden die herabgebogenen Zweige über ihrem Grunde vermittelst eines gabelförmigen Pflockes in der Erde festgehalten; im zweiten Falle muß der Topf aus zwei getrennten Hälften bestehen, welche man zu beiden Seiten des Zweiges einander anpaßt und vermittelst eines herumgelegten Drathes zusammenhält, bevor man die Erde einfüllt, weil es nicht wohl möglich wäre, den Zweig unversehrt durch den Boden des Topfes einzuschieben.

Stellen verpflanzen, wo sie, wie die Stecklinge, fortwachsen. Dieses Verfahren oder die Vermehrung durch Absenker oder Ableger wird z. B. bei den Gartennelken, der eßbaren Kastanie, und vermittelst des Topfes namentlich bei holzigen Treibhauspflanzen angewendet. Bei vielen Pflanzen kann man ferner eine Vervielfältigung durch abgetrennte Knospen bewirken, was besonders dann gelingt, wenn sie mit ihrem Mutterblatt abgelöst und in die Erde gepflanzt werden, wo sie dann von diesem so lang ernährt werden, bis sie ihre Lenticellen entwickelt und zu Wurzelzasern ausgetrieben haben, die zum Theil selbst aus dem Stiele des Mutterblattes hervorgehen. Diese Vermehrungsweise durch Knospenstecklinge scheint vorzüglich bei Pflanzen mit ausdauernden Blättern, aber auch bei solchen, deren Blattstiele an ihrer Basis eine starke knotige Verdickung zeigen, zu gelingen, weil es hier wohl immer darauf ankommt, daß das Blatt einen zur Erhaltung der Knospe hinreichenden Nahrungsvorrath in der Nähe der leztern absetzen könne. Durch solche Knospenstecklinge ist es unter andern gelungen, die japanische Camellie, den Citronen- und Pomeranzenbaum und den rosenartigen Hibiscus (Hibiscus Rosa sinensis) zu vermehren.

Wie man aber in vielen Fällen die bloßen Knospen ohne Mutterblatt zum Fortwachsen bringen kann, so reicht es auch bei den genannten und noch bei andern Pflanzen, namentlich bei den Saftgewächsen (Crassula, Mesembrianthemum), dann bei Oelbaum- und Feigen-Arten (Olea marginata, Ficus elastica) u. a. m., sogar hin, ein einzelnes Blatt ohne Knospe in die Erde zu stecken, wo sich aus demselben Lenticellen und Wurzelzasern entwickeln und später eine Knospe sich erzeugt, die zu einer neuen Pflanze sich entfaltet. Die in die Erde gesteckten Blätter der Gesnerien und Gloxinien bilden an ihrem unter dem Boden befindlichen Ende einen Knollen aus, welcher gewöhnlich im folgenden Jahre eine Knospe treibt und so die Grundlage zu einer neuen Pflanze wird.

§. 198.

Wenn wir hier nun noch einmal die Haarwurzel (§. 30) der grünen beblätterten oder mit einem Laubstengel (§. 40)

versehenen Zellenpflanzen, nämlich der Moose und Lebermoose ins Auge fassen, so sehen wir die Wurzelhaare auf ähnliche Weise, wie die Lenticellen der Gefäßpflanzen, überall entspringen, wo der Stengel den Boden berührt oder überhaupt mit hinlänglicher Feuchtigkeit umgeben ist. Wir sehen ferner diese Wurzelhaare, in Bezug auf die Ernährung, dieselben Funktionen erfüllen, wie die Wurzelzasern. Wegen der größern Gleichartigkeit des Gewebes dieser Pflanzen und der höchst einfachen Bildung ihrer Wurzelhaare läßt sich erwarten, daß die leztern noch viel leichter unter den ihrer Entwicklung günstigen Umständen sich erzeugen werden, als die mit einem doppelten anatomischen Systeme versehenen Wurzelzasern, und man sieht wirklich die Wurzelhaare der Moose aus allen Theilen (mit Ausnahme der Befruchtungsorgane) von dem Grunde des Stengels bis in die Hüllblätter der Blüthen entspringen; sie stehen in und zwischen den Blattwinkeln, kommen aus der obern und untern Fläche, sowie aus der Spitze der Blätter hervor, und bei dem bläulichgrünen Gabelzahn (Dicranum glaucum), bildet sich auf den Spitzen der dichtgedrängten Hüllblätter zuweilen ein solcher Filz von Wurzelhaaren, aus welchem dann neue Knospen hervorgehen, die nicht blos in Gipfeltriebe der Mutterpflanze auswachsen, sondern auch von dieser sich trennen und als wahre Brutknospen selbstständig sich entfalten können.

Wegen dieser großen Leichtigkeit, aus allen Theilen Wurzelhaare zu treiben, können auch die meisten dieser Zellenpflanzen sich in so großer Menge vermehren, in welcher man dieselben an ihren Standorten gewöhnlich antrifft, und schon durch ihr allmäliges Absterben von dem Stengelgrunde aus, während sie beständig nach oben fortsprossen, ist bei denselben die Möglichkeit einer außerordentlichen Vervielfältigung gegeben, da jeder Zweig, wenn der Stengel bis zu seiner Basis abgestorben ist, als selbstständige Pflanze fortbesteht, so daß hier gleichsam ein wiederholtes Zerfallen der ursprünglichen Pflanze in ihre Individuen gegeben ist und dadurch der früher (I, S. 129) ausgesprochene Satz, „die Pflanze bestehe aus einer Vereinigung mehrerer Einzelwesen“ ganz augenfällig bewiesen wird.

Aus dem hier Gesagten läßt sich wohl entnehmen, daß man bei diesen Pflanzen leicht eine Vervielfältigung durch künstliche

Trennung der Knospen und Zweige werde bewerkstelligen können, da diese Theile, auch wurzellos auf einen feuchten Boden gebracht, sehr bald in diesem ihre Wurzelhaare treiben; und darauf beruht die irrige Angabe mancher Schriftsteller, welche aus den getrennten und ausgesäeten männlichen Blüthenständen der Moose junge Pflanzen erhalten haben wollten. Es waren die knospenförmigen Hüllen, welche, wie oben von Dicranum glaucum erzählt worden, Wurzelhaare und neue Knospen getrieben hatten und vermittelst dieser in neue Pflanzen ausgewachsen waren.

Von der Entfaltung und dem Lebensverlaufe der Blätter.

§. 199.

Ueber die wichtige Rolle, welche die Blätter in dem Ernährungsprocesse der Pflanze durch die Ausdünstung und Einsaugung wässeriger Flüssigkeiten, so wie durch die Aushauchung und Einathmung von Gasarten spielen, ist das Nöthige schon bei der Erklärung dieses Processes bemerkt worden. Wir haben nun noch diese Organe für sich und nach ihrem individuellen Lebensverlaufe etwas näher zu betrachten.

Schon in der geschlossenen Knospe sind die Blätter, wie (I, S. 221 und 222) gezeigt worden, so weit gebildet, daß sich ihre Stellungsverhältnisse erkennen lassen, wobei sie jedoch auf sehr verschiedene Weise in dem kleinen Raume, den sie einnehmen, zusammengefaltet sind. An vielen Blättern, welche später gestielt erscheinen, ist in der Knospe der Blattstiel noch nicht zu erkennen; immer aber ist derselbe dann im Verhältniß zu der schon mehr entwickelten Blattscheibe kürzer als im ausgebildeten Blatte. Auch beim Ausschlagen der Knospe eilt die Blattscheibe in ihrer Entfaltung dem Blattstiele voraus, und erst nachdem die erstere so ziemlich zu ihrer völligen Größe ausgewachsen ist, streckt sich der Blattstiel gleichfalls zu seiner vollen Länge.

Das Ausschlagen der Knospen und die Belaubung der blattwechselnden Pflanzen tritt zwar regelmäßig im Frühling ein; aber außerdem, daß die Zeit des Ausschlagens bei verschiedenen Pflanzen nicht dieselbe ist, ändert sie auch bei der nämlichen Pflanze in verschiedenen Jahren nach dem frühern oder spätern

Eintreten der Frühlingswärme ab, so daß man bei Vergleichung des Zeitpunktes, wo die Entfaltung der Blätter in verschiedenen Jahren beginnt, schon einen Unterschied von einem ganzen Monat bemerkt hat. Daraus ergibt sich, daß das periodische Ausschlagen zwar bei jeder Pflanze mit deren besondern Lebensthätigkeit zusammenhängt, daß aber dabei, in Bezug auf den Zeitpunkt, wo die Belaubung eintritt, der verschiedene Grad der Wärme von großem Einfluß ist. Oft sieht man von nahe beisammenstehenden Bäumen der nämlichen Art manche um mehrere Wochen später ihre Knospen entfalten als die übrigen, was sich zwar als eine spätere Erregung der schlummernden Lebensthätigkeit bei diesen Bäumen erklären läßt, wovon aber der eigentliche Grund uns noch verborgen ist.

Von dem Ausschlagen der Knospe an geschieht das Auswachsen der Blätter meist in ziemlich kurzer Zeit, innerhalb mehrerer Tage, und zwar so, daß das Wachsthum derselben bei Tag und bei Nacht vor sich geht, dabei aber in genauem Verhältnisse mit der Temperatur steht, die also wie auf den Beginn der Entfaltung, so auch auf den weitern Verlauf derselben großen Einfluß hat.*)

So lange die Blätter noch in der Knospe eingeschlossen sind, haben sie eine weißliche oder bleiche Farbe, welche dann bei dem Hervortreten derselben an das Licht zuerst in eine röthliche oder gelbe, seltener in eine dunkel-violette übergeht. Sie besitzen in diesem Zustande ein zartes Gewebe und eine wässerige Konsistenz, woran der jugendliche Zustand ihrer Elementarorgane und namentlich bei den Holzgewächsen auch der starke Zudrang der aufsteigenden sehr wasserhaltigen Nahrungsflüssigkeit schuld sind. So wie sie aber ihre dem allgemeinen Ernährungsprocesse angehörige Funktion (der Ausdünstung und Aushauchung) begonnen haben, was schon während ihrer eigenen Entfaltung geschieht, tritt die Färbung, welche ihnen eigen und bis zum Absterben bleiben soll, allmälig bestimmter hervor, und da die herrschende Farbe der Blätter die grüne ist, so sehen wir gewöhnlich erst eine durch Roth oder Violett getrübte oder eine

---

*) Sehr schön wurde dieses von Fr. L. Nees von Esenbeck an den Blättern des Pancratium maritimum. (Allg. bot. Zeitung, 1835, II, S. 411) durch genaue Messungen nachgewiesen.

gelbgrüne Färbung eintreten, welche nach und nach einen mehr gesättigten Ton annimmt; daher wir dann das lebhafte und heitere Grün des Frühlings gegen den Sommer hin immer mehr zu einer dunklern grünen Färbung übergehen sehen. Die Ursache der grünen Farbe der Blätter und anderer Pflanzentheile ist, wie wir wissen, das Chlorophyll (§. 16, §. 133), dessen vermehrte Erzeugung und theilweise chemische Veränderung vom Frühling bis zum Sommer die allmälig mehr gesättigte Färbung der Blätter bedingt. An den mannigfaltigen Abstufungen des Grüns der Blätter bei den verschiedenen Pflanzen ist indessen nicht allein die verschiedene Intensität der Farbe ihres Chlorophylls, sondern auch die Beschaffenheit und der Ueberzug der Oberhaut schuld. Nur wo diese zart, völlig farblos und dabei der Mittelschichte des Blattes überall gleichmäßig und fest aufliegend ist, läßt sie die Farbe des Chlorophylls ungetrübt durchscheinen; wenn sie dagegen dick und weniger durchsichtig ist, wie bei Crassula falcata und Agave americana, oder nicht allenthalben dem Parenchym der Mittelschichte fest anliegt, wie auf der untern Fläche vieler mit Spaltöffnungen versehener Blätter, oder endlich mit dichten Haaren oder mit einem Dufte überzogen ist, wie bei der Salbei und dem Gemüsekohl, so wird das durchschimmernde Grün des Chlorophylls mehr oder weniger gedämpft und die unversehrte Oberfläche des Blattes erscheint unserem Auge weißlich-, graulich- oder bläulichgrün, wenn nicht gar durch den Ueberzug das unterliegende Chlorophyll ganz verdeckt wird, wie bei der mit dichtem Mehlstaube bestreuten untern Blattfläche der früher (S. 319) genannten Nacktfarne und den auf eben dieser Fläche mit Filzhaaren völlig überzogenen Blättern des silberweisen Fingerkrautes (Potentilla argentea), des schneeweißen und verschiedenfarbigen Huflattichs (Tussilago nivea, T. discolor) u. v. a.

Das Chlorophyll gehört offenbar zu den stickstofffreien Verbindungen (der S. 281 gegebenen Tabelle) und wahrscheinlich zu denjenigen, welche eine bedeutende Menge von überschüssigem Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten *). Es wird in den Blät-

*) Clamor Marquart in seiner vieles Lehrreiche enthaltenden Schrift (Die Farbe der Blüthen; eine chemisch-physiologische Abhand-

tern, so wie in allen übrigen grünen Pflanzentheilen, während des Assimilationsprocesses aus dem Zellensafte hergestellt und in den Zellenhöhlen abgelagert, und es scheint sich nur da bilden zu können, wo die Pflanze in einer zur Ausscheidung des überflüssigen Wassers und Sauerstoffes günstigen Lage sich befindet. Nach C. Marquart's Beobachtungen (a. a. O. wird die grüne Farbe des Chlorophylls durch die Aufnahme und chemische Bindung von Wasser in die gelbe verwandelt. Daraus ließe sich die gelbliche Färbung der Blätter bei deren Ausschlagen, wo sie noch vieles überschüssige Wasser enthalten, sehr gut erklären. Es müßte dann der Uebergang der gelben Farbe in die grüne durch eine Entziehung von im Chlorophyll chemisch gebundenem Wasser bedingt seyn, welche Wasserentziehung, bis in den Sommer hinein zunehmend, auch eine gesteigerte Intensität der grünen Farbe der Blätter zur Folge hätte. Daß das Chlorophyll aber wirklich bei weiterer Entziehung von Wasser eine immer dunklere Farbe erhalte, sucht der genannte Forscher aus mehreren Beobachtungen zu erweisen, wo er durch fortgesezte chemische Entziehung von Wasser zulezt das Chlorophyll eine dunkel indigblaue Farbe annehmen sah. Wenn es auch auf natürlichem Wege in den Blättern nicht bis zu diesem höchsten Grade der Wasserentziehung bei dem Clorophyll kommen mag, so ließe sich doch hieraus der Schluß ziehen, daß von der Abnahme der überschüssigen Wassermenge, welche in den Blättern vom Frühling bis zum Sommer statt findet, die zunehmende Intensität der grünen Farbe abhänge.

Die rothe Farbe der Blätter bei der rothen Gartenmelde, der Rothrübe, vieler Amaranthen, so wie der untern Blattfläche mehrerer Begonien, der europäischen Erdscheibe (Cyclamen europaeum), der zweifarbigen Tradescantie, ferner die rothen Flecken auf den übrigens grünen Blättern mehrerer Aron-Arten (Arum maculatum,

---

lung. Bonn, 1835. S. 45) schließt aus dem chemischen Verhalten des Chlorophylls gegen Säuren, daß dasselbe eine binäre Verbindung aus Farbstoff und einer öligen Substanz sey. Aber über die elementare Zusammensetzung beider Stoffe, hat er uns, da deren Erforschung ausser seinem Zwecke lag, keinen Aufschluß gegeben.

A. pictum), vieler Orchis- und Schneckenklee-Arten (Medicago) rührt ohne Zweifel von nichts anderm als von verändertem Chlorophyll her. Obgleich auch von diesem rothen Farbstoffe die chemische Elementar-Analyse uns noch fehlt, die uns über seine Entstehung aus dem Chlorophyll den besten Aufschluß geben könnte, so dürfen wir doch vielleicht aus dem, was weiter unten über den rothen Farbstoff der Blumen gesagt werden soll, vermuthen, daß die bleibende rothe Färbung der Blätter, wie die der Blumen, aus dem stark entwässerten (blaugewordenen) grünen Farbstoffe, zu welchem eine Säure hinzugetreten, entstanden sey. Wenn es auch gewiß ist, daß nur ein gesundes, in ungestörter Lebensthätigkeit sich befindendes Blatt den grünen Farbstoff zu erzeugen vermag, so kann doch das Auftreten der rothen Farbe in den genannten Fällen nicht als die Folge einer verminderten oder gestörten Thätigkeit angesehen werden, da bei den erwähnten und bei noch vielen andern Pflanzen die rothe Färbung stets unter den dem Wachsthum derselben günstigen Umständen und zum Theil, wie bemerkt, zugleich mit der grünen Farbe auftritt. Es kann also der Grund dieser Erscheinung nicht in einer Herabstimmung, sondern lediglich in einer, mit der eigenthümlichen Natur dieser Pflanzen im innigsten Zusammenhange stehenden, besondern Richtung der Lebensthätigkeit gesucht werden. Die weit seltner im normalen Zustande vorkommende gelbliche, weißliche oder bräunliche Färbung bei den mit wirklicher Blattbildung versehenen Pflanzen, kann ebenfalls auf keine andere Weise erklärt werden. Die gelben Flecken, welche wir stets auf den grünen Blättern der japanischen Aucuba, so wie neben der grünen und rothen Färbung auf den Blättern des dreifarbigen Amaranths sehen, scheinen nicht von einer geschwächten Lebensthätigkeit herzurühren, so wenig als die bleiche Färbung vieler Schmarotzerpflanzen, welche bald ins Gelbe, wie beim Ohnblat (Monotropa), bald ins Rothe, wie bei der Schuppenwurz (Lathraea) und der Flachsseide (Cuscuta), oder ins Bräunliche, wie bei der Sommerwurz (Orobanche) und mehreren Orchideen (Corallorhiza, Limodorum u. a.) neigt und die sich niemals in eine grüne Farbe umändert, wenn auch diese Pflanzen allen Einflüssen ausgesezt sind, welche bei andern Gewächsen die Erzeugung des grünen Farbstoffes begün-

ſtigen. Ganz das Nämliche gilt auch von den mit wirklicher Blattbildung verſehenen Zellenpflanzen (den Mooſen und Lebermooſen), deren vorherrſchende Farbe zwar auch die grüne in vielen Abſtufungen, von dem dunkelſten bis zum hellſten Ton iſt, die aber auch gar häufig in die grünlich-gelbe und Pomeranzenfarbe übergeht (z. B. bei Hypnum triquetrum H. Crista castrensis, H. nitens, H. splendens, H. lutescens), oder in die rothe umgeändert iſt, wie bei vielen getrenntblättrigen und laubigen Lebermooſen, wo an dem Laube oft die untere Fläche vom faſt reinen Karmin bis in das ſchwärzliche Purpurroth geht und nicht ſelten ſelbſt die obere Fläche am Rande oder ganz mit der rothen Farbe überlaufen iſt, während bei manchen Arten mit getrennten Blättern (Jungermannia dilatata, J. Tamarisci) die ganze Pflanze eine dunkel-braunrothe und, gegen das Licht gehalten, kaum noch ins Grünliche ſchimmernde Farbe zeigt. Oft läßt ſich bei der nämlichen Art die verſchiedenſte Abwechſelung der Farbe verfolgen, wie bei Jungermannia albicans, welche zuweilen ſchön grün, häufiger jedoch gelblich und pomeranzenfarbig oder zur bräunlichen Färbung hinneigend angetroffen wird.

Es iſt nun zwar nicht zu läugnen, daß das Licht und die Wärme zwei Hauptbedingungen einer ungeſtörten Lebensthätigkeit der Pflanze überhaupt und der Blätter insbeſondere ſind, und wie nachtheilig namentlich der Lichtmangel auf die von Natur grünen Pflanzen wirke, beweist das Verbleichen und das damit verbundene Siechthum, welchem dieſelben in einer andauernden Finſterniß anheimfallen. Aber es iſt früher (S. 187) ſchon darauf aufmerkſam gemacht worden, wie ſehr verſchieden das Lichtbedürfniß verſchiedener Pflanzen ſey, indem manche, namentlich Mooſe und Lebermooſe, mit einer freudig grünen Färbung an Stellen vegetiren, wo kaum ein Strahl des Tageslichtes hindringen kann,*) während andere der ungeſtörten Ein-

*) Eben ſo verſchieden iſt auch der zum Wachsthum nöthige Grad der Wärme (ſ. S. 184). Wir ſehen die ausdauernden Mooſe, Lebermooſe und andere grünen Pflanzen auch während der ſtrengſten Winterkälte die grüne Farbe ihrer Blätter beibehalten und bei der rauheſten Witterung, ſo lange nicht gerade Froſtkälte eingetreten, fortwachſen und in ihren Blättern den grünen Farbſtoff abſetzen.

wirkung der Sonnenstrahlen ausgesezt, wie die Sommerwurz und Flachsseide, nie eine grüne Färbung annehmen. Behalten wir ferner die zahlreichen Fälle im Auge, wo im Innern der Pflanzen, an Stellen, bis zu welchen das Licht nicht gelangen kann, wie im Mark und in dem Keim vieler Samen, eine reichliche Bildung von Chlorophyll stattfindet, so müssen wir erkennen, daß das Licht allein nicht die unmittelbare und nächste Bedingung zur Erzeugung des grünen Farbstoffes seyn könne, und daß noch mancherlei innere, unter der Herrschaft der Lebensthätigkeit stehende Ursachen dieser Erzeugung zu Grunde liegen, deren Nachweisung aber für jezt noch nicht versucht werden kann.

Bei der Betrachtung des Assimilationsprocesses haben wir die Blätter als diejenigen Organe kennen gelernt, vermittelst deren hauptsächlich die ganze organische Thätigkeit der Pflanze mit der atmosphärischen Luft in Wechselwirkung tritt, indem die höhere Zubereitung und Verähnlichung des aufgestiegenen Saftes vorzüglich in ihnen geschieht. Daraus läßt sich schon entnehmen, daß in den Blättern, außer dem Farbstoffe, noch gar mancherlei andere Stoffe erzeugt werden, und daß in ihnen überhaupt die Lebensthätigkeit sehr reg seyn müsse. Darum gibt sich auch die Lebensäußerung der Pflanze auf eine so bemerkbare Weise in den Blättern kund durch ihre Neigung gegen das Sonnenlicht, durch die Veränderung ihrer Lage beim Wachen und Schlafe, so wie durch ihre oft sehr große Erregbarkeit in Folge äußerer Einflüsse, wovon früher schon (§. 149 u. 160) die Rede war.

Die bei sehr vielen Pflanzen beobachtete, mit dem Aufgang und Untergang der Sonne täglich eintretende Veränderung der Blattlage, indem bei Tage die Blätter sich ausbreiten und ihre obere Fläche dem Lichte zuwenden, beim Eintritt der Nacht aber diese Fläche durch sehr verschiedenartige Biegungen in eine andere Lage bringen, richtet sich zwar offenbar nach dem Daseyn oder dem Mangel des Lichtes; aber es kommen dabei doch auch Erscheinungen vor, welche beweisen, daß die verschiedene Einwirkung des Lichtes nicht allein das sogenannte Wachen und Schlafen der Blätter hervorzurufen im Stande ist, da die Blätter mancher Pflanzen, wie der Sauerkleearten und der regenzeigenden Porlierie (Porlieria hygrometrica), auch am Tage bei trüber oder regnerischer Witterung sich in die Lage wie zum

Schlafe begeben, und die Blätter der Sinnpflanzen (S. 227) durch verschiedene mechanische Reize zur Annahme dieser Lage gebracht werden können. Wir müssen daher auch hier den eigentlichen Grund dieser Erscheinungen in einer den Pflanzen selbst einwohnenden Anlage zu solchen periodischen Bewegungen suchen, welche zwar im Allgemeinen durch die Einwirkung des Lichtes angeregt werden, aber bei verschiedenen Pflanzen in sehr verschiedenen Graden und Weisen sich äußern *). Uebrigens ist der sogenannte Schlaf der Blätter nicht gerade als eine Folge der Erschlaffung ihrer Lebensthätigkeit zu betrachten, da die Blätter, mit wenigen Ausnahmen, in diesem Zustande eine so bestimmte Lage annehmen und in dieser so beharrlich verbleiben, daß es meist schwerer hält, dieselben alsdann aus ihrer Lage zu biegen als im Zustande des Wachens selbst, wiewohl Jeder, der sich mit Pflanzentrocknen für sein Herbarium beschäftigt hat, schon zu seinem Leidwesen erfahren haben wird, wenn er Exemplare von Hülsenpflanzen mit zusammengesezten Blättern (z. B. Klee-, Wicken-, Robinien-, oder gar Acacien-Arten), so wie

*) Die Versuche, welche Dutrochet (Mém. sur les organes aérifères des végétaux, et sur l'usage de l'air que contienneut ces organes, — Ann. des sc. nat., XXV, 1832, p. 254—259) mit mehreren Leguminosen unter der Luftpumpe anstellte, wo die Blätter derselben ihre Bewegungsfähigkeit mehr oder weniger verloren hatten, und woraus er folgert, daß auf die Bewegungen beim Schlafe und Wachen der Gewächse die in ihren luftführenden Räumen enthaltene atmosphärische (?) Luft einen großen Einfluß ausübe, beweisen doch noch keineswegs, daß im normalen Zustande diese Luft gerade einen besondern Einfluß auf die genannten Bewegungen äußern müsse. Im luftleeren Raume wird nicht blos die in den Lufthöhlen enthaltene, zum Leben der Pflanze nothwendige Luft denselben entzogen, sondern es fehlt ihnen auch die zu Ausübung der Lebensthätigkeit unumgänglich nöthige Umgebung der athmosphärischen Luft, so daß in diesem unnatürlichen Zustande nicht blos in den jenen Bewegungen zu Grunde liegenden, sondern überhaupt in allen Lebensverrichtungen eine Stockung eintreten muß, die bei längerer Dauer so gut wie beim thierischen Organismus, den Tod des Gewächses zur Folge hat. Es sind vielmehr alle äußern Lebensbedingungen im Vereine, unter deren Einfluß der Pflanzenorganismus diese Bewegungen, so wie seine Lebensäußerungen überhaupt zu zeigen im Stande ist.

Sauerklee-Arten, nachdem sie ihre Blättchen zum Schlafe zusammengelegt hatten, auszubreiten versuchte. Einfache Blätter biegen sich beim Schlafen nicht immer nach unten zurück und hängen noch seltener schlaff herab, wie bei der gelben Balsamine (Impatiens Noli tangere), sondern richten sich häufig auf und legen sich fest dem Stengel an, wie bei der Gartenmelde oder rollen sich mit ihren Rändern um den Stengel und die Aeste, wie bei Malvaceen, wobei sie gewöhnlich zugleich die Blüthen schützend umgeben. An den zusammengesezten Blättern (I, S. 147) nehmen gewöhnlich nur die Theilblättchen beim Schlafen eine veränderte Lage an und der gemeinschaftliche Blattstiel bleibt unbeweglich*). Bei den gefingerten Blättern richten sich die Blättchen entweder auf und haben ihre obern Flächen gegeneinander gewendet, wie bei Steinklee-Arten (Melilotus), wobei sie auch wohl mit ihren Spitzen zusammenneigen, wie bei dem Inkarnat-Klee (Trifolium incarnatum), oder sie schlagen sich so zurück, daß sie mit ihren untern Flächen gegeneinander gekehrt sind und dem gemeinschaftlichen Blattstiel anliegen, wie bei den Sauerklee-Arten (Oxalis). Die Theilblättchen der gefiederten Blätter richten sich bald auf, so daß sie senkrecht gegen den gemeinschaftlichen Blattstiel stehen und sich paarweise mit ihren obern Flächen berühren, wie bei dem gemeinen Blasenstrauch (Colutea arborescens), oder sie biegen sich senkrecht nach unten zurück und legen sich mit ihren untern Blattflächen aneinander, wie bei den Cassien, oder sie legen sich zu beiden Seiten so an den gemeinschaftlichen Blattstiel an, daß sie diesen und einander selbst gegenseitig wie Dachziegeln decken, indem sie dabei gewöhnlich gegen die Spitze der Blattspindel gerichtet und der leztern mit ihren obern Flächen anliegend, wie bei den Mimoseen (Acacia, Mimosa), seltener gegen den Grund des Blattes gewendet und mit ihrer untern Fläche der Spindel zugekehrt sind, wie bei Tephrosia caribaea. Bei diesen verschiedenen Lagen sind oft die Stielchen der Theilblättchen auf eine Weise gedreht und gebogen, daß man dieselben während ihres

---

*) Nur bei wenigen, wie bei den Sinnpflanzen und der Porliera sieht man auch den Blattstiel sich herabbiegen, der sich aber bei den erstern später wieder erhebt.

Wachens nicht ohne gewaltsame Zerreißung in eine ähnliche Lage würde bringen können.

§. 200.

An den Pflanzen, deren Stengel zu Ende der jährlichen Wachsthumsperiode ausgehen, sehen wir die Blätter, von den untersten anfangend, absterben, indem sie nach und nach ihres Saftes beraubt vertrocknen, und da sie bei einjährigen Pflanzen oder Stengeln nicht durch Gliederung von diesen geschieden sind, so bleiben sie denselben auch nach ihrem Tode noch verbunden und verwittern allmälig. Ihr Absterben erfolgt so ziemlich in demselben Verhältnisse, wie sich die oberen Blätter entfalten, besonders aber, wie die Pflanze in Blüthe und Frucht tritt, wo dann der Nahrungssaft mehr den obern Theilen zuströmt und eben dadurch die untern Blätter ihre Lebensthätigkeit verlieren.

An den meisten unserer Bäume und Sträucher bleiben dagegen die im Frühling und Sommer getriebenen Blätter bis zum Herbste und sterben dann bald nacheinander ab, wobei sie selten auf den Zweigen selbst völlig verdorren und bis zum nächsten Frühling hängen bleiben, wie bei der Eiche und Hainbuche, sondern an ihrem Grunde, wo sich die Gliederung mit dem Aste befindet, sich lösen und so noch vor dem Eintritte des Winters abfallen. Bei zusammengesezten Blättern fällt jedoch nicht immer das ganze Blatt sammt seinen Theilblättern ab, sondern oft lösen sich zuerst die Blättchen nacheinander von der Blattspindel los; diese bleibt dann nackt auf dem Zweige stehen und fällt nach einiger Zeit auch ab, wie bei den Robinien und zum Theil auch bei dem Wallnußbaum (wo gewöhnlich nur das nicht abgegliederte Endblättchen mit der Spindel verbunden bleibt), oder sie dauert längere Zeit aus und erhärtet dann gewöhnlich zum Dorn, wie bei den Tragantsträuchern (Astragalus verus, A. gummifer, A. creticus, A. aristatus u. a.). Aber auch in diesem Falle ist die Blattspindel nach dem Abfallen der Fiederblättchen abgestorben und kann nicht mehr weiter wachsen. Desto merkwürdiger ist die an den gefiederten Blättern mehrerer Meliaceen gemachte Beobachtung, daß nach dem Abfallen der untern Theilblätter, welche sich (nach Adr. de

Zusse u) hier zuerst entfaltet haben, die obersten Blättchen erst ihre Entfaltung beginnen, wobei dann die Blattspindel nicht blos am Leben bleibt, sondern auch in einen wirklichen Ast auswächst. Nur selten behalten die Blätter bis zu ihrem völligen Absterben die grüne Farbe bei, wo also ihr Chlorophyll keine bemerkbare Veränderung erleidet und die Thätigkeit in dem Parenchym ziemlich ungeschwächt bis zu ihrem Tode fortzubestehen scheint, wie bei der gemeinen Robinie. Wenn im Herbst sehr frühe Frostkälte eintritt, welche die Blätter vor der Beendigung ihres normalen Lebensverlaufes plötzlich tödtet, so behalten die derberen Blätter der meisten Bäume ihre grüne Farbe ebenfalls bis zum Abfallen bei, welches dann überhaupt bei vielen Bäumen nicht so regelmäßig erfolgt, da die Verbindung des Blattgrundes mit dem Zweige in seiner Gliederung noch nicht so weit aufgehoben war, daß die Trennung dem plötzlichen Tode unmittelbar folgen kann. In den meisten Fällen aber, wo die Blätter ihren Lebenslauf ungestört vollenden können, verschwindet noch vor ihrem Absterben die grüne Farbe und geht in eine andere Färbung über. Daher rührt dann der herbstliche Farbenwechsel, der unsern Wäldern um diese Jahreszeit ihr buntes Ansehen verleiht.

Dieser Farbenwechsel ist jedoch den Holzgewächsen nicht allein eigen; er tritt auch bei den krautigen Pflanzen ein, bei welchen er nur weniger in die Augen fällt, weil ihre Blätter meist einzeln und in längeren Zwischenzeiten demselben unterworfen werden, daher auch hier selten an der ganzen Pflanze so gleichzeitig die Verfärbung zu sehen ist, wie bei den Bäumen und Sträuchern. Der herbstliche Wechsel der Blattfarbe wird zwar bei allen Pflanzen durch eine allmälige Abnahme der Lebensthätigkeit in den Blättern hervorgerufen; so lange aber ein Blatt seine Farbe noch zu verändern vermag, ist dasselbe auch noch nicht als abgestorben zu betrachten. Die abnehmende Thätigkeit in den Funktionen des Blattes hat vor allen Dingen eine allmälig verminderte Ausscheidung von Sauerstoff, Kohlensäure und wässeriger Flüssigkeit zur Folge, welche Stoffe in ähnlichem Verhältnisse in dem Blatte selbst immer mehr zurückgehalten werden und mit den organischen Bestandtheilen desselben, namentlich mit dem Chlorophyll sich verbindend, eine Umbildung des leztern bewirken, die sich durch einen stufenweis eintretenden Farbenwechsel kund

gibt *). Dieser Farbenwechsel, welcher am genauesten von Pieper **) beobachtet und beschrieben worden, beginnt damit, daß das Grün des Blattes seine Lebhaftigkeit verliert und bald ins Gelbliche oder Bläuliche hinüberspielt. Dann treten kleine Punkte

*) Ueber die Art dieser Umbildung, welche offenbar auf den veränderten Mischungsverhältnissen der Elemente des Farbstoffes beruht, können wir für jezt nur Vermuthungen aufstellen, und es wird sich erst dann eine genauere Nachweisung der nächsten Ursache einer jeden Farbenstufe geben lassen, wenn uns die zuverläßigen Elementar-Analysen derselben in den Stand setzen, die chemische Zusammensetzung dieser veränderten Farbstoffe nicht blos unter sich, sondern auch mit der des grünen Farbstoffes zu vergleichen. Die von Manchen aufgestellte Behauptung, daß der herbstliche Farbenwechsel theils auf einer Oxydation, theils auf einer Säuerung und sogar auf einer Alkalisation beruhe, ist, wie schon (S. 151) bemerkt, durch die Beobachtung widerlegt, obgleich die Entstehung der rothen Farbe, auch nach neuern Untersuchungen (wenigstens in den Blumen) wirklich mit einer Säurebindung verknüpft ist. Die Erklärung, welche Pieper (a. a. O.) von der Pflanzenfarbe und deren Wechsel gibt, indem er, die chemischen Verhältnisse allzusehr aus dem Auge verlierend, die Farbe allein aus dem Lichte (als Substrat derselben und als Lebensreiz der Pflanze) ableiten will, führt uns in der Erkenntniß des nächsten Grundes der Farbenveränderung auch nicht weiter, da doch offenbar der Farbstoff selbst als materielles (durch chemische Reaktion deutlich auf die dem herbstlichen Farbenwechsel entsprechenden Farbenstufen zu führendes) Substrat da ist. Es ist daher auch eine genügende Erklärung dieser Umbildung des Farbstoffes wohl nur von dem chemisch-physiologischen Gesichtspunkte aus zu erwarten. Daß dieser Farbenwechsel in der veränderten und allmälig verminderten Lebensthätigkeit seinen Grund habe, wird wohl Niemand bezweifeln; daß uns aber diese Erklärung nur die entferntere, dynamische Ursache angibt, ist eben so klar; wir müssen uns dabei immer noch nach der nächsten und materiellen Ursache umsehen, welche diesem merkwürdigen Phänomene zu Grunde liegt, und diese werden wir in nichts Anderem, als in einer veränderten chemischen Beschaffenheit des Chlorophylls suchen können. Wenn sich auch aus dem oben bemerkten Verhalten des Chlorophylls gegen chemische Einwirkungen und besonders aus den Gesetzen der Färbung der Blumen (wie dieselben von Cl. Marquart nachgewiesen worden und im folgenden §. erläutert werden sollen) einige Vermuthungen aufstellen lassen, so bleibt doch noch in der Lehre von dem Farbenwechsel eine Lücke, und es wäre gewiß eines erfahrnen Chemikers würdig, diesen Gegenstand, mit Berücksichtigung der physiologischen Bedingungen, weiter zu verfolgen.

**) In seiner, S. 151, angeführten Schrift.

von mehr entschiedener gelber, oder mehr unbestimmte plackenartige Flecken von dunkelblauer Farbe auf, welche sich allmälig vergrößern und ineinander verfließen. Dieses geht dann häufig bis zur totalen Umfärbung des Blattes. Im Allgemeinen sieht man die Färbung zuerst im Parenchym zwischen den Nerven eintreten und sich dann gegen die leztern hin ausdehnen, welche häufig noch zu beiden Seiten eine schmale grüne Einfassung zeigen, nachdem die übrige Blattfläche bereits umgefärbt ist, wodurch oft das Blatt (je nach dem Verlaufe der Nerven) ein schönes gestreiftes oder regelmäßig gestrahltes Ansehen erhält, wie bei der japanischen Kerie oder dem sogenannten Corchorus der Gärten, dem Weinstock und der Johannistraube. Dabei schreitet ferner die Umfärbung entweder von der Mitte der Blattscheibe aus gegen den Umfang, oder umgekehrt vom Umfang gegen die Mitte vor. Das leztere geschieht vorzüglich bei Blättern, deren Nerven nicht ganz bis zum Rande auslaufen, während bei schmalen, langgestreckten Blättern, die Färbung vorzugsweise von der Spitze gegen den Blattgrund geht. Es läßt sich ferner bei einiger Aufmerksamkeit erkennen, daß sich die obere, dem Lichte zugekehrte Blattfläche zuerst verfärbt, von wo die Färbung immer weiter die Mittelschichte durchdringt, bis sie die zunächst von der Oberhaut überkleidete Zellenlage der untern Blattfläche erreicht hat.

Bei diesem Farbenwechsel ist besonders noch das Auffallende zu bemerken, daß die Farben aus dem Grün in einer bestimmten Stufenfolge hervorgehen, indem sie genau die Reihe des (durch Brechung des ungefärbten Lichtstrahls entstehenden) Farbenbildes des Prisma oder des Regenbogens einhalten *). Man sieht nämlich die grüne Farbe der Blätter in den meisten Fällen zuerst in Gelb übergehen, und da mit dieser Färbung häufig schon die Lebensthätigkeit des Blattes aufhört, so fallen die Blätter vieler Bäume als gelbgefärbte ab, wie bei Linden, Pappeln, Maßholder (Acer campestre), Maulbeerbäumen.

*) In diesem, wie bekannt aus sieben Farben bestehenden Bilde (Spektrum) steht das Grün, als indifferente Farbe, in der Mitte, und von diesem aus folgen sich nach der einen (der sogenannten positiven oder dem + Pol zugekehrten) Seite Gelb, Orange und Roth, nach der andern (der negativen oder dem — Pol zugekehrten) Seite aber Hellblau, Dunkelblau und Violett.

Wenn aber damit der Tod des Blattes noch nicht eingetreten ist, so geht die Färbung weiter, und es tritt die folgende auf dieser Seite des Spectrums liegende, nämlich die Orangefarbe ein, mit welcher z. B. die Blätter des stumpfblättrigen Ahorns (Acer Pseudoplatanus), der Platanen, Roßkastanie und des Haselstrauches abfallen. Bei vielen Pflanzen ist aber auch damit der Lebenskreis des Blattes noch nicht geschlossen, und dann sieht man vor dem Abfallen desselben noch die rothe Farbe (die äußerste des Spectrums nach dieser Seite hin) eintreten, wie bei dem gemeinen und wolligen Schneeball (Viburnum Opulus, V. Lantana), dem Gerber- und Hirschkolben-Sumach (Rhus Coriaria, Rh. typhinum) und dem Brombeerstrauch. Weit seltner durchläuft dagegen der herbstliche Farbenwechsel die entgegengesezte Farbenreihe des Spectrums, und nur bei wenigen Sträuchern, z. B. bei der Rainweide (Ligustrum vulgare) und dem gemeinen Hollunder, sehen wir das Grün der Blätter durch Blau in Violett übergehen, welches dabei oft schon stark in die (polar entgegengesezte) rothe Farbe spielt, wie bei dem rothen Hornstrauch (Cornus sanguinea), oder auch ganz in dieselbe übergeht, so daß immer die lezte Farbenstufe, welche die welkenden Blätter erreichen können, die rothe ist.

Wo beide Blattflächen grün sind, da nehmen auch beide an der veränderten Färbung Theil; wo aber die untere Fläche durch die weniger durchsichtige Beschaffenheit ihrer Oberhaut oder durch einen dichten Ueberzug nicht grün erscheint, da wird man auch den Farbenwechsel nur auf der obern Fläche bemerken, weil dieser ja dem Chlorophyll angehört, also dieselbe Ursache, welche die grüne Farbe auf der untern Blattfläche nicht bemerken ließ, nun auch die veränderte Färbung auf dieser Fläche nicht erkennen läßt. Wenn dagegen die untere Blattfläche am frischen Blatte schon roth gefärbt ist, wie bei der gemeinen Erdscheibe (Cyclamen europaeum), mehreren Begonien und der zweifarbigen Tradescantie, so verändert sie ihre Farbe beim Absterben des Blattes nicht, während die obere, grüne Fläche die Farbenstufen durchläuft, die nöthig sind, um ebenfalls in Roth überzugehen.

Daß das Licht einen bedeutenden Einfluß auch bei dem Farbenwechsel des Blattes äußere, ist überall wahrzunehmen, und

ergibt sich zum Theil schon daraus, daß die Veränderung der grünen Farbe immer zuerst an der oberen, dem Lichte zugekehrten Blattfläche beginnt. Wird dagegen ein beblätterter Zweig einige Zeit vor dem Farbenwechsel eingeknickt, daß er gegen die Erde hinabhängt und die Blätter nun ihre untere Fläche dem Lichte zukehren, so sieht man dann die Umfärbung auf dieser Fläche zuerst eintreten. Die Färbung tritt ferner da am reinsten hervor, wo das Blatt der ungestörten Einwirkung des Sonnenlichtes blosgestellt ist. Weniger bemerkt man hierbei den Unterschied bei der ersten Stufe der Umfärbung nach der positiven Seite hin oder dem Gelb; um so mehr aber schon bei der ersten Farbenstufe der negativen Seite oder dem Blau, wo nur die der freiesten Einwirkung des Lichtes ausgesezten Blätter diese Farbe annehmen. Noch mehr ist dieses der Fall bei den auf diese beiden folgenden Farbenstufen, nämlich bei Orange, Roth und Violett, wo die Blätter, welche vor der Sonne gedeckt sind, viel später oder gar nicht in diese Farben übergehen.

Ausserdem übt aber auch der Boden einen grosen Einfluß auf den Farbenwechsel aus und wirkt begünstigend oder störend auf denselben ein. So sieht man die Bäume eines Waldes, welche auf gutem Boden stehen, oft noch grün, während diejenigen, welche auf einer felsigen Anhöhe wachsen, schon längst ihren Farbenwechsel gemacht haben. Dabei nimmt man noch wahr, daß, während die Blätter der auf gutem Boden befindlichen Bäume dem normalen Gange der Umfärbung unterliegen, die der andern entweder auf einer der ersten Farbenstufen beharren oder auch umgekehrt eine oder mehrere Stufen weiter durchlaufen. So gehen die Blätter der Zitterpappel (Populus tremula), wenn dieselbe nur kümmerlich auf magerem, steinigem Boden wächst, ziemlich rasch in die rothe Farbe über, während die Blätter der kräftigen, auf gutem Boden stehenden Bäume sich nur gelb färben. Bei manchen Pflanzen äussert sich der verschiedene Einfluß des Bodens auf die Farbe der Blätter schon viel früher und wir sehen diese, z. B. beim stinkenden Storchschnabel oder dem Ruprechtskraut (Geranium Robertianum), wenn dasselbe auf Felsen und Mauern wächst, ihr ganzes Leben hindurch blutroth gefärbt, während sie bei der auf gutem Boden wachsenden Pflanze eine hellgrüne Farbe ha-

ben und erſt gegen die Zeit ihres Abſterbens die rothe Farbe annehmen. Auch andere Einflüſſe, welche auf die Vegetation begünſtigend oder hemmend einwirken, können eine Abweichung in dem normalen Farbenwechſel hervorbringen. Die Blätter, welche die zu lebenden Zäunen gezogenen Hainbuchen nach der Schur im Spätſommer treiben, färben ſich im Herbſt roth, während die der Frühlingstriebe nur in Gelb übergehen.

Endlich erleidet der Farbenwechſel auch durch die um dieſe Zeit eintretenden Witterungsverhältniſſe mancherlei Störungen. Es iſt weiter oben ſchon bemerkt worden, daß eine früh eintretende Froſtkälte, welche das Leben der Blätter plötzlich vernichtet, allem Farbenwechſel Einhalt thue; das Nämliche iſt der Fall, wenn Stürme und Platzregen die Blätter von den Bäumen herabſchlagen, bevor ſie ihr Leben erſchöpft und alle Farbenſtufen durchlaufen haben. Nur bei ruhigem, ſtillem Wetter und bei einer nicht bis zum Froſte herab gehenden Temperatur findet der normale Farbenwechſel ſtatt, und die Blätter fallen dann erſt ab, nachdem ſie ihre beſtimmte Farbenſtufe erreicht haben. Daraus ergibt ſich aber auch ganz klar, daß der Farbenwechſel ſelbſt noch dem Leben des Blattes angehöre. Wenn man das abgefallene Blatt vor der Feuchtigkeit und vor andern Einflüſſen, welche die Zerſetzung ſeines Farbſtoffes herbeiführen können, ſchüzt, ſo behält es die Farbe, mit welcher es abgefallen iſt, eben ſo bei, wie das grün abgebrochene Blatt bei einem ſorgfältigen Trocknen ſeine grüne Farbe beibehält. Wenn die abgefallenen Blätter aber längere Zeit am Boden, der Einwirkung der Feuchtigkeit ausgeſezt, liegen bleiben, ſo werden ſie endlich ſchwarz, und wenn ſie nach ihrem Abſterben in freier Luft, am Boden oder auch auf den Zweigen verdorren, ſo nehmen ſie endlich eine braune Färbung an. Braun und Schwarz ſind alſo eigentlich erſt die Farben des Todes. Dieſe Farben [illegible] man auch ſchon an grünen Blättern nach ſolchen Verletzungen entſtehen, welche den Tod derſelben nach ſich ziehen, ſo wie es ſelbſt manche Pflanzen gibt, deren Blätter bei den gewöhnlichen Witterungsverhältniſſen des Herbſtes nicht den Farbenwechſel zu durchlaufen vermögen und dann gleich mit dem beginnenden Abſterben den chemiſchen Geſetzen anheimfallen und eine Zerſetzung erleiden. Dieſes iſt (nach Pieper's Beobachtung) z. B. bei der gemeinen Erle

(Alnus glutinosa) der Fall, bei welcher, so wie das Blatt im Herbste zu welken beginnt, mitten im Parenchym zwischen je zwei Nerven rostbraune Streifen entstehen, während durch einen kaum bemerkbaren Anflug einer röthlichen und gelblichen Farbe der eigentliche Farbenwechsel nur noch leise angedeutet ist.

Die sogenannten immergrünen Blätter sind nur solche, die nicht gerade mit einer jährlichen Wachsthumsperiode ihr Leben beschließen, sondern den Winter über bleiben und selbst mehrere Sommer ausdauern, bevor sie absterben. Daher kommt bei den immergrünen Bäumen und Sträuchern, da denselben der periodische Blattwechsel fehlt, auch kein allgemeiner herbstlicher Farbenwechsel vor, obgleich die einzelnen Blätter vor ihrem Abfallen auf ähnliche Weise ihre Farbe verändern, wie bei den jährlich die Blätter wechselnden oder sommergrünen Bäumen.

Wenn man den herbstlichen Farbenwechsel der Blätter mit der im Frühling beim Ausschlagen der Knospen stattfindenden Umfärbung vergleicht, so findet man gar häufig, daß die Blätter im Herbste auf dieselbe Farbenstufe zurückgehen, welche sie bei dem Beginne ihrer Entfaltung zeigten, wenn nämlich in beiden Fällen die Färbung unter den normalen Verhältnissen vor sich ging. So sind die Blätter der Trauerweide beim Ausschlagen und Abfallen gelb, bei dem spanischen Flieder (Syringa) wenigstens häufig in beiden Perioden orangefarbig, bei dem Weißdorn roth, und das abfallende Blatt des gemeinen Hollunders zeigt die nämliche dunkelviolette Farbe, mit welcher es gleich nach seinem Ausbrechen aus der Knospe auftrat. Daraus geht also hervor, daß die Färbung des Blattes im Herbste gerade den umgekehrten Gang befolgt, wie im Frühling, indem sie bei der Entfaltung von einer den Polen des Spektrums näher liegenden Stufe zum Grün aufsteigt und beim Welken von diesem auf entgegengesetztem Wege wieder zu den gegen die Pole hinliegenden Farbenstufen zurücksinkt, so daß der Farbenwechsel des Frühlings als eine vorschreitende, der des Herbstes aber als eine rückschreitende Farben-Metamorphose des Blattes erscheint.

Diese Uebereinstimmung in der Färbung des sich entfaltenden und abfallenden Blattes kann jedoch durch die Verschiedenheit der im Frühling und Herbst eintretenden Außenverhältnisse mehr oder weniger gestört werden, wodurch es dann kommt, daß

die Farbe in beiden Perioden um eine oder mehrere Stufen abweicht. Wenn im Frühling beim Keimen des Roggens warme Tage eintreten, welche die rasche Entfaltung der ersten Blätter der Keimknospe begünstigen, so zeigen sie das der grünen Farbe näher liegende Gelb; sind aber die äußern Einflüsse weniger günstig, so erscheinen sie auf einer entfernteren (tiefern) Farbenstufe, nämlich roth; bei ihrem Welken, welches noch bei warmer Sommerwitterung eintritt, kommt es nur bis zur gelben Farbe. Wenn dagegen der Roggen im Herbst ausgesäet wird und noch bei schönem Wetter keimt, so zeigt die Saat gleich anfänglich eine grüngelbe Farbe, welche dem Grün also noch näher liegt als die gelbe des welkenden Blattes. Die Blätter des Maßholders werden im Herbste gelb, die des Haselstrauchs dunkelorange; sind aber die Blätter von beiden im Frühling in rascher Entfaltung begriffen und es tritt plötzlich eine anhaltende kältere Temperatur ein, so erscheinen die Blätter des erstern orange und selbst roth, die des leztern ganz roth, also um eine oder zwei Stufen tiefer gefärbt als bei ihrem Abfallen im Herbste.

Wie das grüne Blatt im Herbste oder überhaupt gegen die Zeit seines Absterbens die Farbe verändert, oder beim Beginne seiner Entfaltung stets eine andere Färbung zeigt, so sehen wir auf einer höhern Stufe seiner Metamorphose, wo sich nämlich das Blatt der Blüthenbildung nähert, neben der verschiedenen Gestalt, auch häufig eine veränderte Färbung auftreten, welche von seiner Entfaltung bis zu seinem Absterben bleibt. Der Uebergang der Blätter in die Bracteen und Kelche ist nämlich sehr oft zugleich durch das Auftreten einer andern Farbe bezeichnet, wobei die gelbliche und rothe ebenfalls die vorherrschenden, die blaue und violette die seltner vorkommenden Farben sind. Es ist indessen bekannt, daß in vielen Fällen auch die grüne Farbe durch die Deckblätter bis in den Kelch oder die Blüthenhülle sich erhält; doch tritt sie bei den Blüthendecken meist nur noch an der äußern (oder untern) Fläche auf und geht an der innern (oder obern) Fläche in eine andere Färbung über. Es läßt sich überall erkennen, daß in demselben Verhältnisse, wie die Farbe dieser Theile in der Reihe des Spektrums weiter entfernt von dem Grünen steht, auch die dem grünen Blatte zukommenden Funktionen immer mehr zurücktreten oder ganz verändert sind.

Von der Entfaltung und den vegetativen Lebenserscheinungen der Blüthen.

§. 201.

Jeder Blüthenknopf ist zu betrachten als eine aus mehreren Blattcyklen bestehende Knospe, und wie in der gewöhnlichen Knospe die Blätter, so sehen wir im Blüthenknopfe die verschiedenen Blüthentheile schon mehr oder minder kenntlich gebildet. Man kann hier die Blüthendecke, die Staubgefäße und das Pistill immer schon unterscheiden. Die aus getrennten oder verwachsenen Blättern bestehende Blüthendecke (Kelch und Blume, oder Perigon) ist, wie die Blätter der Knospe, auf verschiedene Weise zusammengefaltet oder eingerollt, und beim Aufbrechen des Knopfes geht auch an diesen blattartigen Theilen die Entfaltung ihrer obern Ausbreitung oder ihrer Platte der Verlängerung des dem Blattstiel entsprechenden Nagels voraus, wo nämlich der leztere vorhanden ist. In den meisten Fällen, wo die Blätter der Blüthendecke in dem Knopfe mit ihren Rändern sich berühren oder zusammenhängen, geht ihre Trennung beim Aufbrechen des Knopfes von ihren Spitzen aus vor sich, wie dann selbst bei den meisten verwachsenblättrigen Blüthendecken nach deren Entfaltung die Spitzen ihrer Blätter als freie Zähne, Lappen oder Zipfel erscheinen. Nur bei wenigen Pflanzen tritt das umgekehrte Verhältniß ein, wo nämlich die Blätter der Blüthendecke beim Oeffnen des Knopfes an ihrer Basis auseinander weichen und mit ihren Spitzen noch längere Zeit zusammenhängen, wie in der Blume der Rapunzeln (Phyteuma), oder selbst an ihren Basen abreißen, und zu einem gespaltenen Mützchen verbunden, von oben die Befruchtungsorgane bedecken, wie in der Blume des Weinstocks und der Gewürznelke (Caryophyllus aromaticus), oder endlich gar nicht in ihren Rändern sich trennen, sondern in einer Quernaht, gleich der umschnittenen Kapselfrucht, über ihrem Grunde als ein kegelförmiger Deckel abgestoßen werden, wie im Perigon der Schönmützen (Eucalyptus) und Deckelmyrten (Calyptranthes).

An den Staubgefäßen wird bei der Entfaltung das nämliche Verhältniß beobachtet, wie an dem freien Blatte der Blüthendecke. Schon in dem Blüthenknopfe ist der Staubbeutel (die

Blattscheibe des Staubgefäßblattes) in seiner Entwicklung meist sehr voraus, nicht blos vor seinem Träger, sondern oft selbst vor den innern Theilen der Blüthendecke, wie bei Asklepiadeen, wo die Staubbeutel schon sehr weit im Blüthenknopf ausgebildet sind, wenn die Blume noch sehr unvollkommen und von der Nebenblume kaum die erste Anlage zu erkennen ist. Diese beschleunigte äußere Entwicklung scheint aber nicht mit der Ausbildung des Pollens in gleichem Verhältnisse zu stehen, da diese weit langsamer geschieht. Das Vorauseilen der Entwicklung des Staubbeutels in Bezug auf den Träger stimmt jedoch ganz mit dem Verhalten des Blattes in der gewöhnlichen Knospe überein; nur ist es häufig bei dem Staubgefäße mehr auffallend. Bei den Kreuzblüthigen, z. B. dem Goldlack (Cheiranthus Cheiri), wo bei völlig aufgebrochener Blüthe die Träger der vier längern Staubgefäße die doppelte Länge ihrer Staubbeutel haben, sind in dem noch jungen Blüthenknopfe die bereits schon großen Staubbeutel ohne Träger, und nicht lange vor dem Oeffnen sind die Träger noch dreimal kürzer als diese.

An den Pistillen sieht man den Eierstock und die Narbe früher gebildet als den Griffel und den stielartigen Theil, welcher als sogenannter Stempelträger in vielen Fällen das ausgebildete Pistill trägt (s. I, S. 349). Bei den Rauten (Ruta), den Glockenblumen (Campanula) und Korbblüthigen erreicht der Griffel sogar erst nach der Befruchtung seine völlige Länge. In dem Eierstocke sind endlich schon bei dem geschlossenen Blüthenknopfe die Eichen vorhanden und es lassen sich an ihnen kurz vor dem Oeffnen der Blüthe gewöhnlich schon die beiden Eihäute und der Eikern (I, S. 362) unterscheiden.

§. 202.

Das Oeffnen des Blüthenknopfes und seine Entfaltung zur Blüthe geschieht zwar gewöhnlich zu einer bestimmten Zeit des Jahres; aber dieser Zeitpunkt ist bei den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden. Daher gibt es von dem ersten Frühling an durch alle Monate blühende Pflanzen bis in den Spätherbst, von den Schneeglöckchen (Galanthus und Leucojum) und Nießwurzarten (Helleborus), welche schon in den lezten Monaten des Winters ihre Blüthen entfalten, sehen wir in unserm Klima

keine Unterbrechung des Blüthenwechsels der Flora bis zum Spätherbste, wo die Herbstzeitlose mit ihren rosenrothen Blüthen während des Septembers ganze Wiesen überkleidet, wo um dieselbe Zeit manche Korbblüthigen, wie die gemeine Goldruthe (Solidago Virgaurea) und der virgilische Aster (Aster Amellus) in ihren Blüthen prangen, während der Epheu und in unsern Gärten der ächte Safran (Crocus sativus) selbst im Oktober erst zur Blüthe gelangen. In den mehr nach Süden gelegenen Ländern tritt die Blüthezeit der Frühlingspflanzen noch viel früher ein, während es auch daselbst noch mehrere Pflanzen gibt, die erst spät im Herbste zu blühen anfangen. Wenn Jemand im Frühlinge von unsern Gegenden aus stets nach Süden fortwanderte, um bis zum Herbste den Aequator zu erreichen, so würde er jenseits desselben, immer in gleicher Richtung weiter ziehend bis zur Grenze der Vegetation gegen den Südpol, auch auf jener Erdhälfte mit jedem Monate neu entfaltete Blüthen antreffen, so daß es auf unserer Erde keinen Monat gibt, der ohne seine Blüthenentfaltung wäre. Da jedoch die Jahreszeiten der nördlichen und südlichen Erdhälfte in entgegengesezter Ordnung eintreten, so sehen wir auch die Frühlingspflanzen z. B. vom Kap und Australiens in unsern Treibhäusern im Spätherbste, die Sommer- und Herbstpflanzen dieser Länder aber während unseres Winters und Frühlings sich entfalten.

Wie aber schon die Zeit des Ausschlagens der Blätter in verschiedenen Jahren nach der früher oder später eintretenden Frühlingswärme abändert, so übt die verschiedene Temperatur auch einen mächtigen Einfluß auf das Aufbrechen der Blüthenknöpfe aus, und auch hierin kann man in verschiedenen Jahren einen Unterschied von einem ganzen Monat und darüber wahrnehmen. In dem ganz ungewöhnlich milden Winter des Jahres 1834 sah man nicht blos die gewöhnlich bei uns zu Ende Februars und im März blühenden Pflanzen, wie Nießwurz-Arten, Erlen, Märzveilchen, um die Mitte des Januars in voller Blüthe stehen, sondern auch solche, die sonst noch um einen oder einige Monate später blühen, fingen um diese Zeit an, ihre Blüthenknöpfe aufzuschließen, wie die Aprikosen- und Kirschenbäume, der spanische Flieder (Syringa), die europäische Haselwurz (Asarum europaeum), der Goldlack; sogar blühende

Aehren des Roggens wurden beobachtet, der vielen andern Frühlingspflanzen, wie der Ehrenpreis-Arten (Veronica), des Hungerblümchens (Draba verna) u. s. w. nicht zu gedenken. Die Haselsträucher und der sternblüthige Winterling (Eranthis hiemalis) standen schon im December 1833 in voller Blüthe, während selbst die Mandelbäume in den Weinbergen um Heidelberg gegen das Ende dieses Monats zu blühen anfingen. Dagegen kommen bei einem kalten Frühlinge die meisten Pflanzen später als gewöhnlich zum Blühen, und wenn die kühle Witterung lange anhält, so kann es eintreten, daß man die Blüthezeit sehr vieler Pflanzen bis weit in den Sommer hinein um mehrere Wochen verrückt findet, bis sie endlich gegen den Herbst hin sich allmälig wieder ausgleicht. Daher sieht man auch die Pflanzen der nämlichen Art früher blühen, wenn sie in ein wärmeres Klima verpflanzt werden, und umgekehrt die Blüthezeit später eintreten, wenn sie in einem kältern Klima gezogen werden. Die Pfirsichbäume, welche in unserer Gegend des Mittelrheins in gewöhnlichen Jahren im April blühen, tragen z. B. auf Teneriffa zu Ende dieses Monats schon reife Früchte. Daher kommen auch die im warmen Zimmer oder im Treibhause gehaltenen Frühlingspflanzen viel früher zum blühen, als dieß im Freien der Fall ist. Die Einwirkung eines gelinden Winters und warmen Frühlings kann sich selbst im Herbste noch äußern, wenn auch diese Jahreszeit mild erscheint, indem dann häufig die Pflanzen, welche sehr früh geblüht haben, zum Zweitenmal zur Blüthe kommen, so daß man z. B. das Veilchen und Frühlings-Fingerkraut (Potentilla verna) in den Herbstmonaten und selbst bis in den December nochmals mit Blüthen sammeln kann.

Mit der künstlichen Verpflanzung der Gewächse in andere Klimate kann indessen auch allmälig ihre Blüthezeit verändert werden, und unsere Obstbäume sollen, wenn sie in die gemäßigte Zone der südlichen Erdhälfte verpflanzt werden, noch einige Jahre um diejenige Zeit blühen, welche unserm Frühling entspricht, dann aber ihre Blüthezeit so verändern, daß sie in den Frühling jener Länder fällt. Durch den künstlichen Anbau hat man ferner von vielen Pflanzen Spielarten erhalten, welche jährlich früher blühen und ihre Früchte reifen als die ursprüngliche Art, und wenn diese

Anlage des Frühblühens einmal bei einer Pflanze eingetreten ist, so bleibt sie bei dieser beständig und erhält sich nicht nur bei der künstlichen Vermehrung durch Impf- und Steckreiser oder durch Knollen, sondern läßt sich auch (wenigstens bei einjährigen Pflanzen) durch die Aussaat von Samen fortpflanzen. So hat man durch die Kultur unter andern die früher blühenden und reifenden Obstsorten, die Frühkartoffeln, Früherbsen, Frühbohnen u. s. w. erhalten, während man umgekehrt auch von manchen kultivirten Pflanzen spätblühende Spielarten erzogen hat. Indessen kommt es auch nicht selten bei Pflanzen, die sich selbst überlassen sind, vor, daß einzelne der nämlichen Art jährlich früher blühen als die übrigen, gerade so wie man auch im Ausschlagen der Blätter oft einen Unterschied von mehreren Tagen oder sogar Wochen wahrnimmt und ohne Zweifel hat man in der Landwirthschaft die früh- und spätblühenden Spielarten gerade dadurch erhalten, daß man immer von den am frühesten oder spätesten blühenden Pflanzen einer kultivirten Art Knollen, Reiser oder Samen zur Vermehrung und Fortpflanzung genommen hat.

Während jedoch die meisten Pflanzen ihre bestimmte Blüthezeit haben, treffen wir manche fast zu allen Zeiten des Jahres und selbst während der gewöhnlichen Winter, so oft nur die Witterung etwas gelinder wird, mit Blüthen an. Dahin gehören das dreifarbige Veilchen oder Stiefmütterchen der Gärten, das gemeine Kreuzkraut (Senecio vulgaris), die kleine Brenn-Nessel (Urtica urens), die gemeine Sternmiere (Stellaria media), die rothe Taubnessel (Lamium purpureum), die Garten-Wolfsmilch (Euphorbia Peplus), das jährige Rispengras (Poa annua) u. a. m.

Da die Blüthen ihren Nahrungs- und Bildungssaft sich nicht selbst bereiten können, so werden die Blüthenknöpfe auch nur dann zum Aufbrechen gelangen, wenn ihnen hinreichende Nahrungsflüssigkeit von den übrigen Theilen der Pflanze zugeführt wird. In den Fällen, wo bei mehrjährigen Pflanzen eine bedeutende Menge von Nahrungsstoffen im Herbste in der Wurzel oder im Stamm abgelagert worden, können auch, sobald im Frühling das Einsaugen der Erdfeuchtigkeit durch die Wurzel und das Aufsteigen des rohen Saftes begonnen hat, durch diesen die abgelagerten Nahrungsstoffe den Blüthenknöpfen zugeführt und die leztern zur

Entfaltung angeregt werden; sie blühen dann gewöhnlich auch bald nach einander auf. Daher sehen wir bei manchen Knollen- und Zwiebelgewächsen (bei der Meerzwiebel, manchen Safran-Arten, dem Winterling), besonders aber bei vielen Bäumen die Blüthen vor den Blättern sich entfalten, weil ihre Nahrung schon bereit liegt und es nur der Frühlingswärme bedarf, um die Lebensthätigkeit in den Wurzeln und dem Stamme zu deren weiteren Zubereitung und Verführung anzuregen. Wo aber keine solche Aufspeicherung von Nahrungsstoffen statt gefunden hat, da werden sich die Blüthen nicht vor den Blättern entfalten, sondern erst später sich öffnen, nachdem die letztern so weit ausgebildet sind, daß sie den Blüthen ihren Nahrungs- und Bildungssaft zubereiten können. Von diesem Safte verbraucht eine Blüthe desto mehr, je länger die Zeit bis zur Frucht- und Samenreife und je größer der Umfang der Früchte und Samen ist. In demselben Verhältnisse wird aber auch die Ablagerung des Nahrungsvorrathes für die künftige Blüthenperiode und dadurch diese Periode selbst verspätet werden. Daher blühen die Pflanzen mit gefüllten Blüthen in der Regel früher, weil sie keine Früchte und Samen ansetzen, welche dem Stamm oder der Wurzel Nahrungsstoffe entziehen.

Die Zeit, wie lang eine jede Pflanze blüht, ist sehr verschieden. Sie richtet sich nicht immer nach der Menge der Blüthen, welche eine Pflanze trägt, sondern wird vielmehr durch die eigene Anlage einer jeden Pflanze, dann aber auch durch die verschiedene Einwirkung der Wärme und des Lichtes bestimmt. Bei warmem, trocknem und heiterm Wetter verblühen die Pflanzen in der Regel schneller als bei einer kühlen Witterung und bei bedecktem Himmel. Wenn ferner eine Pflanze ihre schon im Herbste gebildeten Blüthenknöpfe alle fast zu gleicher Zeit entfaltet, wie die meisten unserer Laubholzbäume, so wird ihre Blüthezeit viel schneller vorübergehen, als wenn sich erst während des einmal begonnenen Blühens allmälig immer wieder neue Blüthenknöpfe erzeugen, wie bei vielen krautigen Pflanzen, die von dem Aufbrechen des ersten Knopfes an oft den ganzen Sommer hindurch blühen.

Obgleich nach dem bisher Gesagten der Anfang der Blüthezeit bei den Pflanzen nach den verschiedenen Jahren und Ländern wechselt, so läßt sich doch für eine bestimmte Gegend wenigstens

der Monat angeben, in welchem jede ihrer Pflanzenarten in der Regel zu blühen beginnt. Wenn man nämlich in einer Reihe von Jahren den Anfang der Blüthezeit der verschiedenen Pflanzen beobachtet hat, so läßt sich daraus eine gewisse mittlere Blüthezeit berechnen, innerhalb deren man wenigstens in gewöhnlichen Jahren hoffen darf, die Pflanzen blühend zu finden, gerade so, wie sich aus den Beobachtungen mehrerer Jahre die mittlere Temperatur einer Gegend für jeden Monat finden läßt. Linné hat zuerst.*) den Anfang der Blüthezeit mehrerer Pflanzen in der Umgegend von Upsala im Jahr 1748 beobachtet und vom Monat April bis zu Anfang des Juni nach den einzelnen Tagen mitgetheilt, später aber unter dem Namen eines Blüthenkalenders**), ein weit vollständigeres Verzeichniß vom Jahre 1755 für jene Gegend durch alle Monate des Jahres gegeben. Nachher wurden ähnliche Verzeichnisse auch in verschiedenen andern Ländern angefertigt, und für die deutsche Flora erschien ein sogenannter Pflanzenkalender***), in welchem, nach den verschiedenen Standorten geordnet, die Pflanzen, wie sie in jedem Monate gewöhnlich zum Blühen kommen, aufgezählt werden. Dieses Verzeichniß war nur dazu bestimmt, um die Pflanzen kennen zu lernen, welche man in jedem Monat in ihrer Blüthe finden könne, und auf welchem Standorte — also um die botanischen Excursionen zweckmäßiger hiernach einrichten zu können. Aus der Zusammenstellung solcher genauen Verzeichnisse (wie sie Linné gegeben) von verschiedenen Ländern und aus verschiedenen Jahren, lassen sich aber auch sehr richtige Schlüsse in Bezug auf die verschiedenen klimatischen Verhältnisse dieser Länder ziehen, was auch von Linné †) als der Hauptzweck der Kalender der Flora angegeben wurde, in welchen er jedoch zugleich das Ausschlagen, die Fruchtreife, das Abfallen der Blätter und die Temperatur-Verhältnisse beobachtet wissen wollte. Eine Vergleichung

*) *Caroli Linnaei* Philosophia botanica Stockholmiae, 1751, p. 272.

**) *Caroli Linnaei* Calendarium Florae (in Amoenitat. academ., Ed. 2, Vol. IV, p. 387 — 414).

***) F. A. Heyne, Pflanzen-Kalender oder Versuch einer Anweisung, welche Pflanzen man in jedem Monat in ihrer Blüthe finden könne und auf welchem Standorte. Zweite vermehrte Aufl. Leipzig 1806.

†) Philos. bot. p. 276.

der Blüthezeit einer ziemlichen Anzahl von Pflanzen zwischen Parma und Greifswalde hat Schübler*) mitgetheilt, und, indem er diese Vergleichung selbst auf die Länder zwischen Smyrna und Christiania ausdehnte, in Bezug auf Pflanzengeographie sehr lehrreiche Nachweisungen gegeben, auf welche wir in dem genannten Kapitel zurückkommen werden.

§. 203.

Bei den meisten Pflanzen öffnen sich die Blüthenknöpfe während der Blüthezeit zu jeder Stunde des Tages, und wenn dieselben einmal aufgebrochen sind, so bleiben die Blüthen dann auch während der Nacht bis zu ihrem völligen Verblühen offen. So sehen wir es z. B. bei unsern Obstbäumen, bei den Kätzchentragenden und Zapfenbäumen, den Doldenpflanzen, Asklepiadeen und Orchideen. Es gibt aber auch Pflanzen, deren Blüthezeit sich nach den verschiedenen Tageszeiten richtet; bei manchen öffnen sich nämlich die Blüthen nur am Morgen und schließen sich am Abend wieder, wie bei dem nacktstengeligen Mohn (Papaver nudicaule) und der braunrothen Tagblume (Hemerocallis fulva), deren Blüthen gegen fünf Uhr Morgens aufgehen und gegen sieben oder acht Uhr Abends sich wieder schließen. Auch bei andern, deren Blüthen nicht so lang offen bleiben, geschieht das Oeffnen und Schließen zu einer bestimmten Stunde und zwar bei der nämlichen Blüthe entweder mehrere Tage nacheinander, wie bei dem doldigen Milchstern (Ornithogalum umbellatum) und dem gemeinen Portulak (Portulaca oleracea), deren Blüthen täglich gegen eilf Uhr sich ausbreiten und bald nach der Mittagsstunde sich wieder schließen, dann bei den meisten Zaserblumen (Mesembrianthemum), deren Blüthen um die Mittagsstunde, ferner bei der Nachmittags-Zaunblume (Anthericum pomeridianum), wo sie um zwei Uhr Nachmittags sich öffnen und vor Eintritt der Nacht sich wieder schließen, oder die Blüthen (d. h. deren Blüthendecken) dauern überhaupt nur wenige Stunden und schließen sich zu einer bestimmten Zeit für immer oder lassen dann ihre Blüthendecke und oft auch die Staubgefäße fallen, wie die Cist-

*) Flora oder bot. Zeitung, 1830, I, S. 353 — 368.

rosen (Cistus), Sonnenröschen (Helianthemum) und Lein-Arten (Linum), deren Blüthen gegen fünf oder sechs Uhr Morgens aufbrechen und bis zur Mittagsstunde oder noch früher verwelkt sind; eben so die pfauenartige Tigerblume (Tigridia Pavonia), deren Blüthen nur von eilf Uhr bis Mittag dauern. Außer diesen ein- oder mehrtägigen Tagblüthen giebt es auch eben solche Nachtblüthen, die sich nämlich nur am Abend öffnen und am Morgen oder schon in der Nacht wieder schließen. Dahin gehören die gemeine Wunderblume (Mirabilis Jalapa) und die purpurrothe Winde (Convolvulus purpureus), von welchen die erstere von sechs oder sieben Uhr, die andere von zehn Uhr Abends bis in den folgenden Morgen hinein ihre Blüthen geöffnet hat; die nachtblüthige Zaserblume (Mesembrianthemum noctiflorum) hat ihre Blüthen auch von sieben Uhr Abends bis gegen sechs oder sieben Uhr Morgens offen und den übrigen Tag geschlossen, während die Blüthen der großblüthigen Fackeldistel (Cactus grandiflorus) Abends zwischen sieben und acht Uhr sich auszubreiten beginnen und bald nach Mitternacht zusammenfallen und verwelken. Zu den am Abend aufblühenden Pflanzen gehören noch manche andere, wie das nachtblüthige Leimkraut (Silene noctiflora) und andere dieser Gattung, die Nachtkerzen (Oenothera) u. a. m.

Endlich gibt es noch Pflanzen, welche in dem Oeffnen und Schließen ihrer Blüthen weniger nach einer gewissen Tageszeit, als vielmehr nach den Witterungsverhältnissen sich richten. Solcher meteorischen Blüthen (wie Linné sie nannte) sind bis jezt erst wenige und zwar nur unter den Korbblüthigen beobachtet worden, wiewohl es wahrscheinlich ist, daß es noch mehrere, auch in andern Familien, gibt. Linné führt nur zwei Pflanzen mit solchen Blüthen an*), nämlich die Regen-Ringelblume (Calendula pluvialis — C. africana hort. Ups. —), welche zwischen sechs und sieben Uhr Morgens den Strahl ihrer Köpfe ausbreitet und denselben gegen vier Uhr Nachmittags schließt, wenn am Tage trockne Witterung eintritt; bleiben aber ihre Blüthenknöpfe nach sieben Uhr Morgens geschlossen, so wird es an

*) Philos. bot. p. 275.

diesem Tage regnen; nur plötzlich eintretende Gewitterregen vermag sie nicht leicht voraus anzuzeigen. Die zweite Pflanze ist die sibirische Gänsedistel (Sonchus sibiricus); wenn sich der Blüthenkopf derselben bei Nacht schließt, so wird es den nächsten Tag meist heiteres Wetter geben, wenn er über Nacht offen bleibt, so wird der folgende Tag meist Regen bringen.

Das periodische Oeffnen und Schließen der Blüthen, welches von Linné das Wachen der Blüthen oder auch der Pflanzen genannt wurde, scheint zwar vorzüglich seinen Grund in der Einwirkung des Lichtes zu haben *); demungeachtet ist es bis jezt unmöglich, die nähere Ursache dieses periodischen Wechsels genügend zu erklären, da dieselben Erscheinungen bei verschiedenen Pflanzen unter sehr abweichenden Verhältnissen des Lichteinflusses eintreten, und wir können deßwegen vorläufig nur in der besondern innern Anlage einer jeden Pflanze den Grund dieser Erscheinungen suchen.

Alle Blüthen, welche diesen periodischen Wechsel im Oeffnen und Schließen nach den Tageszeiten beobachten, nannte Linné solarische oder Sonnenblüthen und unterschied dabei, außer den vorhin erwähnten meteorischen, noch die tropischen, deren Oeffnen und Schließen immer mit dem Morgen und Abend gleichen Schritt hält, und die Aequinoctial- (Nachtgleiche-) Blüthen, die nur während gewisser Stunden des Tags offen sind, und wovon, nebst den vorigen, weiter oben Beispiele gegeben wurden. Wenn man eine hinreichende Menge dieser Aequinoctialblüthen beobachtet, so kann man end-

*) De Candolle gibt an (Physiologie végét. II, p. 486), daß er die gemeine Wunderblume dadurch, daß er sie in ein des Nachts erleuchtetes und bei Tage dunkles Lokal stellte, allmälig dahin brachte, daß die Blüthen derselben die Zeit ihres Oeffnens und Schließens umkehrten, was die Einwirkung des Lichtes sehr deutlich zeigt. Daß eine größere oder geringere Wärme wenig oder keinen Einfluß dabei habe, beweist die Beobachtung, daß die Blüthen der nämlichen Pflanzenart sich in geheizten und ungeheizten Lokalen zu gleicher Stunde öffnen. Die Versuche (von de Candolle), wo auch die Blumen, wenn sie unter Wasser gebracht waren, zu denselben Stunden sich aufschloßen, geben endlich noch den Beweis, daß diese Erscheinung, wenigstens in den meisten Fällen, nicht durch den verschiedenen Zustand der Atmosphäre bedingt seyn könne.

sich für jede Stunde des Tages eine oder mehrere Blüthen finden, welche zu dieser Zeit ihre Blüthen öffnen oder schließen, und ein Verzeichniß solcher Pflanzen, genau nach den Tagesstunden geordnet, hat Linné unter dem Namen der Blüthenuhr mitgetheilt *).

Wie nun die Blüthen vieler Pflanzen hinsichtlich ihres Oeffnens und Schließens sich nach den verschiedenen Tageszeiten richten, so gibt es auch solche, die, obgleich schon früher sich öffnend, doch nur des Abends einen starken Geruch von sich geben, wie die Blüthen der ächten Nachtviole (Hesperis tristis), der traurigen Siegwurz (Gladiolus tristis), des trauernden Kranichschnabels (Pelargonium triste), der zweiblättrigen Ragwurz (Orchis bifolia), des überhängenden Leimkrautes (Silene nutans) u. a. m., welche am Tage wenig oder keinen Geruch besitzen. Bei diesen scheint die erst mit Sonnenuntergang eintretende Ausscheidung des flüchtigen Riechstoffes mit der um diese Zeit ebenfalls beginnenden nächtlichen Ausscheidung der ganzen übrigen Pflanze im Zusammenhang zu stehen.

§. 204.

Zu den vegetativen Lebenserscheinungen der Blüthen gehört endlich auch die verschiedene Färbung der Blüthendecke und übrigen Blüthentheile, die besonders in der Blume (I, S. 266) und dem blumenähnlichen Perigon (I, S. 276) in ihrer größten Mannigfaltigkeit auftritt. In dem Blüthenknopfe waren die Blätter der meisten Blüthendecken einmal grün, enthielten also, gleich den gewöhnlichen Blättern, Chlorophyll. Während der Entfaltung oder kurz zuvor, seltner erst einige Zeit nachher (wie bei der Gartenhortensie und dem Schneeball) verändert sich die grünliche Farbe und es treten an ihrer Stelle die verschiedenen Farben auf, womit die geöffneten Blüthen prangen. Dieses Durchschreiten verschiedener Farbenstufen läßt sich bei vielen Pflanzen sehr gut verfolgen. Wählen wir dazu zum Beispiel den Feld- oder Klatschmohn (Papaver Rhoeas), so finden wir

*) Philos bot. p. 274 (Horologium Florae). Ein ähnliches Verzeichniß hat De Candolle (Physiol. végét. II, p. 481) gegeben. Aus den wenigen, bekannten Beispielen von meteorischen Blüthen hat Bierkander sogar ein sogenanntes Blüthen-Hygrometer aufzustellen versucht.

in dem ganz jungen Blüthenknopfe die Blumenblätter zuerst grünlich, dann weißlich, später in die Fleischfarbe, dann in die rosenrothe und endlich in die hochrothe Farbe der geöffneten Blume übergehen. Daraus läßt sich schon vermuthen, daß die verschiedene Färbung der Blumenblätter von einer Umwandlung des zuerst vorhandenen Chlorophylls abhänge, daß also der Farbstoff der Blüthentheile ein verändertes Blattgrün sey.

So mannigfaltig aber auch die Blüthenfarben seyn mögen, so sind es doch nur zwei Farbstoffe, nämlich ein blauer und gelber (Blumenblau und Blumengelb), welche denselben zu Grunde liegen *). Die weißen Blüthen enthalten einen völlig farblosen Extractivstoff, welcher (nach Clamor-Marquart) der ungefärbte Zellensaft zu seyn scheint, so daß diese Blüthen dem ungefärbten Zellgewebe, welches, wie schon früher (S. 154) angegeben worden, in größern Massen gesehen weiß erscheint, ihre vorherrschende Farbe verdanken. Da aber die weiße Farbe sehr selten ganz rein in den Blüthen vorkommt (s. a. a. O.), so findet man in ihrem Zellensafte auch meist eine schwache Beimischung von blauem oder gelbem Farbstoff, oder auch von Chlorophyll. Dieser ungefärbte Extractivstoff zeichnet sich besonders durch seine Empfindlichkeit gegen Alkalien aus, die ihm eine gelbe Farbe ertheilen. Daher nehmen weiße Blumen, wenn man sie in alkalische Flüssigkeiten taucht oder dem Dunste von Aetz-Ammoniak aussezt, eine schöne gelbe Farbe an, ohne ihr frisches Aussehen zu verlieren. In den weißen Blumen und Blüthenhüllen scheint also das ursprünglich vorhandene Chlorophyll beim Aufblühen

*) Mehrere Schriftsteller, welche über die Blüthenfarben geschrieben, wie Lamarck (Encyclop. méthod. Botanique, T. II, p. 145), De Candolle (Théor. élément., 2 éd., p. 208. Physiol. végét. II, p. 907), Schübler (Untersuchungen über die Farben der Blüthen, S. 24) haben zwar schon im Allgemeinen die blaue und gelbe als die Grundlage der Blüthenfarben angenommen, aber Clamor-Marquart (die Farben der Blüthen. Bonn 1835) hat die beiden Farbstoffe selbst, welche er Anthokyan und Anthoxanthin nennt, nicht nur auf chemischem Wege genauer untersucht, sondern auch anatomisch ihr Vorkommen und ihre verschiedene Lagerung im Zellgewebe der Blüthenblätter nachgewiesen und sehr lehrreiche Aufschlüsse über die Art und Weise gegeben, wie dadurch die große Abwechselung der Blüthenfarben hervorgebracht werde.

durch eine rückschreitende Umwandlung in einen ungefärbten Zellensaft überzugehen.

Das Blumenblau bildet die Grundlage der Färbung in den blauen, violetten und rothen Blüthen. Dieser blaue Farbstoff wird nämlich durch eine geringe Beimischung von Säuren in Violett und durch eine stärkere Beimischung in Roth umgeändert, und wenn es auch nicht möglich ist, auf künstlichem Wege alle Töne und die große Mannigfaltigkeit der rothen Farbe in den Blüthen nachzuahmen, da dieselbe noch durch die verschiedene Lagerung der Zellen und besonders durch die Bildung der Oberhaut der Blumenblätter gar sehr modificirt wird, so zeigt doch der Uebergang des Blumenblaus, durch künstliche Mischung mit Säuren, in Violett und Roth, daß diese beiden Farben nur ein verändertes Blau sind. Sowohl das Violett als auch das Roth läßt sich durch eine vorsichtige Beimischung eines Alkali, also durch künstliche Entziehung von Säure auf Blau zurückführen und geht bei weiterm Zusatze von Alkali, gleich dem Blau, in Grün über. Das Blumenblau, mit seinen Abänderungen, läßt sich durch Wasser ausziehen und ist also ein extractiver Farbstoff. Wie dieser Farbstoff aus dem Chlorophyll des Blüthenknopfes entstehe, wird erst dann sich genügend erklären lassen, wenn wir die genauen Elementar-Analysen beider besitzen. Indessen ist wohl nach den von Cl. Marquart erhaltenen Resultaten, wornach das Chlorophyll durch chemische Entziehung von Wasser eine blaue Farbe annimmt (S. 393), die Vermuthung erlaubt, daß die Entstehung des Blumenblau aus dem Blattgrün auch durch die Pflanze auf diesem Wege erzielt werde.

Das Blumengelb ist die Ursache der Farbe aller gelben Blüthen. Dieser Farbstoff zeigt sich weit weniger empfindlich gegen die Einwirkung von Säuren und Alkalien; daher kommt es auch, daß die gelben Blüthenfarben meistens weit beständiger sind als die blauen, violetten und rothen. Das Blumengelb zeigt sich in seinem Verhalten gegen Auflösungsmittel sehr verschieden. Aus manchen Blüthen, wie bei dem gelben Safran (Crocus maesiacus) und dem nackstengeligen Mohn (Papaver nudicaule), läßt es sich durch Wasser ausziehen und verhält sich also hier wie ein extractiver Farbstoff; in andern Fällen kann es nur durch Alkohol oder selbst nur durch Aether ausgezogen werden, wie bei der ligusterähnlichen Kassie

(Cassia ligustrina); oft zeigt es in der nämlichen Blüthe ein verschiedenes Verhalten hinsichtlich seiner Löslichkeit und wird daher (von Cl. Marquart) zu den harzigen Extractivstoffen gezählt *). Es ist früher schon (S. 393) angegeben worden, daß (nach des eben genannten Schriftstellers Beobachtung) die grüne Farbe des Chlorophylls durch chemische Bindung von Wasser in die gelbe übergeht, wodurch auch die Entstehung des Blumengelbs aus dem Blattgrün erklärbar scheint. Die Eigenschaft des Blumengelbs, durch Behandlung mit Salzsäure erst in die grüne, dann in die blaue Farbe überzugehen und durch concentrirte Schwefelsäure sich dunkel indigblau zu färben, scheint ebenfalls auf seine Entstehung aus dem Chlorophyll hinzudeuten, aus welchem also die Pflanze ihren gelben, wie ihren blauen Farbstoff der Blüthen bereitet.

In allen gelben Blüthen kommt jedoch, neben dem gelben Farbstoffe, derselbe ungefärbte Extractivstoff vor, welcher auch in den weißen Blüthen enthalten ist und der sich besonders aus denjenigen Blüthen, deren Blumengelb harziger Natur erscheint, rein darstellen läßt. Dagegen enthalten die weißen sowohl als die blauen, violetten und rothen Blüthen noch einen eignen harzigen Stoff, welcher in weißen Blumen hellgelblich oder ganz weiß, in

---

*) Was man nach Fourcroy harzigen Extraktivstoff der Chinarinde nannte (und außerdem scheint kein solcher Extractivstoff angenommen zu seyn), waren die beiden organischen Salzbasen der Chinarinde, das Chinin und Cinchonin (S. 167) in einem nicht ganz reinen Zustande. Sehr wahrscheinlich ist das Blumengelb in den Blüthen, wo es nur durch Alkohol und Aether ausziehbar ist, mit einem harzigen Stoff innig verbunden und nicht der reine gelbe Farbstoff, der sich wegen seiner Löslichkeit in Wasser, gleich dem Blumenblau, den extractiven Farbstoffen anreihet. Es wäre demnach wichtig, das harzige Blumengelb in dieser Beziehung einer genauern Untersuchung zu unterwerfen. Dann erst wird sich auch entscheiden lassen, ob alle (S. 148) angegebenen gelben Blumen einen gelben extrativen Farbstoff enthalten, von welchem schon (S. 152) bemerkt wurde, daß er in den Blüthenhüllblättern der gelben Narcisse zugleich mit einem harzigen gelben Farbstoffe vorkommt. Dagegen ist (nach Cl. Marquart's Berichtigung a. a. O. S. 68) zu bemerken, daß der Farbstoff der Blüthen bei Lychnis chalcedonica (s. S. 152) kein Blumengelb, sondern ein geröthetes Blumenblau ist.

den übrigen aber mehr gelblich oder grünlich gefärbt ist und von Marquart den Namen Blumenharz erhielt *).

Wie wir also bei dem herbstlichen Farbenwechsel der Blätter das Blattgrün in andere Farbstoffe übergehen sahen, welche durch Gelb und seltner durch Blau zum Rothen vorschritten, so können wir auch von dem grünen Blüthenknopfe aus eine solche Umwandlung des Chlorophylls in das Blumengelb und Blumenblau, mit dem aus diesem hervorgehenden Violett und Roth, unmöglich verkennen. Nur für die weiße Farbe bietet uns der Farbenwechsel der Blätter kein Beispiel, und überhaupt kommt diese Farbe oder vielmehr dieser Mangel an Färbung meist blos theilweise bei den gescheckten und bandirten Blättern, seltner durch das ganze Blatt bei den vergeilten und den sogenannten bleichsüchtigen Pflanzen vor, und ist dann als Folge eines krankhaften Zustandes zu betrachten, in welchem die Pflanze unfähig ist, das Blattgrün zu erzeugen. Aber auch die gelbe, blaue und rothe Farbe des Herbstes sehen wir in den Blättern nur bei abnehmender Lebensthätigkeit eintreten und müssen daher die dieser veränderten Färbung zu Grunde liegenden Farbstoffe für solche halten, die durch eine rückschreitende Umwandlung aus dem Blattgrün hervorgegangen sind. Wenn man nun auch nicht geradezu mit Lamarck **) die geöffneten Blumen als in einem krankhaften Zustande befindlich betrachten darf, so zeigt doch die Entstehung der Blüthenfarben eine merkwürdige Analogie mit der durch Krankheit und Abnahme der Lebensthätigkeit in den Blättern hervorgerufenen Färbung, und es ist wohl anzunehmen, daß in beiden Fällen die Umwandlung des Chlorophylls, welches hier immer als die erste Grundlage der Färbung erscheint, durch einen ähnlichen Proceß bewirkt werde.

Die manchfaltigen Abstufungen der Blüthenfarben und die

---

*) Sollte dieses Blumenharz Marquart's, welches er für eine Uebergangsstufe des Blattgrüns zum Blumenblau hält, allein in den gelben Blüthen fehlen? oder läßt sich nicht vielmehr vermuthen, daß es auch in diesen Blüthen vorhanden und gerade derjenige Stoff sey, welcher in vielen Fällen, vermöge seiner innigern Verbindung mit dem Blumengelb, die Unlöslichkeit des leztern in Wasser verursacht?

**) Flore française (1778) p. 124.

verschiedenartigen Farbenzeichnungen der Blüthen werden alle durch die drei genannten Farbstoffe, nämlich das Chlorophyll, das Blumenblau und Blumengelb hervorgebracht, die durch die größere oder geringere Menge, in welcher sie vorhanden sind, durch das verschiedene Verhältniß, in welchem sie in den Zellenschichten der Blüthenblätter abgelagert werden, in Verbindung mit einem mehr oder minder bedeutenden Grade von Säurung des blauen Farbstoffes, die zahllosen Farbentöne und den bunten Wechsel in der Zeichnung bedingen, welche wir in den Blüthen wahrnehmen. Die Ablagerung der Farbstoffe in verschiedenen Partien und Schichten des Zellgewebes läßt sich in den meisten Blüthen, wo sie vorkommt, auf anatomischem Wege nachweisen. Schon im Aeussern nimmt man an den meisten Blumen- und Blüthenhüllblättern wahr, daß ihre untere oder äußere Fläche anders oder doch blässer gefärbt ist als die innere. Dieses rührt daher, daß die Oberhautzellen der äußern Fläche keinen Farbstoff enthalten und daß dieser selbst in den zunächst unterliegenden Zellen der Mittelschichte fehlt oder nur in geringer Menge vorhanden ist. In den gelben Blüthen ist (nach Marquart) die Oberhaut auch auf der innern Fläche der Blüthenhüllblätter ohne Farbstoff und dieser ist hier immer in der Mittelschichte enthalten, während der blaue, violette und rothe Farbstoff auf dieser Fläche auch die Zellen der Oberhaut erfüllt, die, wie früher (S. 86) erwähnt, meist in Gestalt von Papillen sich erheben, vermöge der dadurch veränderten Brechung und Reflectirung des Lichtes den Farbenton auf vielfache Weise modificiren und zugleich das sammetartige Ansehen der innern Fläche der Blüthenblätter verursachen.

Wo der gelbe Farbstoff zugleich mit dem blauen, oder mit dem aus diesem hervorgegangenen violetten und rothen, in der ganzen Flächen-Ausdehnung eines Blüthenblattes vorkommt, da nimmt der erstere immer die tiefer liegende Zellenschicht ein, während die leztern die darüber liegenden Schichten erfüllen, und dadurch wird bei vielen rothen Blüthen die Farbe der innern Fläche erhöht und das Feuer derselben hervorgebracht, wie in den Strahlblüthen der reichblüthigen Zinnie (Zinnia multiflora), in den Blumenblättern des hochrothen Geums (Geum coccineum) und der scharlachrothen Spielart der gelben Rose (Rosa lutea variet. punicea Lindl.), bei welchen man auf der untern Fläche die gelbe Farbe

durch die aufliegende rothe mehr oder weniger getrübt, auf der obern Fläche aber die rothe Farbe durch die durchschimmernde gelbe zu einem lebhaftern Ton erhoben sieht. In den pomeranzenfarbigen Blumen und Blüthenhüllen, z. B. der braunrothen Tagblume (Hemerocallis fulva), des besäumten Blumenrohres (Canna limbata), der knolligen und orangefarbigen Schwalbenwurz (Asclepias tuberosa u. A. currasavica), der safranfarbigen Ixie (Ixia crocata) u. a. m., wird diese Färbung nicht durch Mischung des gelben und rothen Farbstoffes, sondern ebenfalls dadurch hervorgebracht, daß die innersten Zellenschichten das reine Blumengelb enthalten und von den Zellen, welche das vom Blumenblau abzuleitende Roth enthalten, auf einer oder auf beiden Seiten gedeckt werden. Hier, wie in den hervorgehenden Fällen, wird die Mannigfaltigkeit des Farbentons durch die verschiedene Stärke der Lagen des rothen Farbstoffs, so wie durch den verschiedenen Grad der Säurung und vielleicht selbst durch die verschiedene Natur der Säure, mit welcher das Blau verbunden ist, bedingt.

In den braunen Blüthen, welche nicht häufig vorkommen, wird die Farbe auf ähnliche Weise, wie in den orangefarbigen hervorgebracht, nur daß hier das wenig oder gar nicht veränderte Chlorophyll die Stelle des gelben Farbstoffs vertritt und die äußern Zellenlagen ein weniger gesäuertes Blau enthalten. So findet man in den braunen Blüthenhüllblättern der karolinischen Kelchblume (Calycanthus floridus) auf dem Querdurchschnitt eine grüne Mittelschichte, auf beiden Seiten mit Zellenschichten bedeckt, welche violetten Farbstoff führen. In der Blüthenscheide des ausgebreiteten Arons (Arum divaricatum) ist dagegen das Chlorophyll führende Zellengewebe nur auf der innern, braunen Fläche mit violetten Zellenlagen bedeckt, auf der äußern Fläche aber mit einer farblosen Oberhaut überzogen, welche die grünliche Mittelschichte durchscheinen läßt. Bei andern Blüthen, welche eine braune Färbung zeigen, wie bei dem schwarzen Germer (Veratrum nigrum), manchen Osterluzei- und Ophrys-Arten (Aristolochia glauca, A. rotunda, Ophrys aranifera, O. arachnites, O. myodes) wird dieselbe auf gleiche Weise hervorgebracht, nur daß bei manchen das Chlorophyll der unterliegenden Zellenschichten schon einen

gelblichen Anstrich erhält und in Blumengelb übergeht, wie dieß namentlich auch bei den Schmetterlingsblumen des braunblühenden Schotenklees (Lotus Jacobaeus) der Fall ist, wo die braune Farbe auf der innern Fläche der Fahne schon einen gelblichen Schimmer zeigt und unter den mit purpurrothem Safte erfüllten Papillen der Oberhaut eine grünlichgelbe Zellenlage enthält.

Die schwarze Farbe, welche man in manchen Blüthen annimmt, die aber genauer betrachtet, nie eine reine Schwärze darstellt und immer nur als Flecken, Streifen u. s. w. zwischen einer andern Färbung auftritt, wird in den meisten Fällen, durch ein reines und sehr intensives Blumenblau hervorgebracht, welches nicht selten auch schon durch einen geringen Grad von Säurung in Violett hinüberspielt. So finden wir es unter andern in den dunkeln Flecken am Grunde der Blumenblätter des Ackermohns (Papaver Argemone), der Herbst-Adonis, des dreifarbigen Kranichschnabels (Pelargonium tricolor) und der Sonnenaug-Tulpe (Tulipa Oculus solis), so wie in dem schwarzen Blüthenkolben des punctirten Arons (Arum Dracunculus). In allen diesen Fällen erscheint eine abgelöste dünne Schichte dieser dunkel gefärbten Stellen, unter dem Mikroskope (bei von unten einfallendem Lichte) betrachtet, schön dunkelblau oder violett. Nur die schon früher (S. 154) erwähnten schwarzen Flecken auf den Flügeln der Schmetterlingsblume der Bufbohne (Vicia Faba) weichen von allen genannten dadurch ab, daß sie auch unter dem Mikroskope schwarzbraun erscheinen und daß ihr Farbstoff sich weder durch Wasser noch durch Weingeist oder Aether ausziehen läßt. Da diese Flecken im Blüthenknopfe zuerst grün erscheinen, so ist zwar anzunehmen, daß der schwarze Farbstoff ebenfalls aus dem Chlorophyll hervorgeht; aber er zeigt sich doch in seinem Ansehen und chemischen Verhalten so sehr von dem Blumenblau verschieden, daß dieses Beispiel unter den Blüthenfarben noch isolirt dasteht und uns eher an die schwarzbraunen Zellenmassen erinnert, welche in dem Stamm und den Blattstielen der Farne (S. 39) die Gefäßbündel begleiten und umgeben.

In den Blüthen, welche eine bunte, aus mehreren Farben bestehende Zeichnung in Form von Flecken, Streifen, Adern u. s. w.

besitzen, werden dieselben dadurch hervorgebracht, daß einzelne Zellen oder Zellpartien mit einem verschieden gefärbten Safte erfüllt sind, und dieses Vorkommen von nebeneinander und zerstreut übereinander liegenden Zellen, mit den verschiedenartigen Farbstoffen erfüllt, beweist uns abermals, was schon bei der Bewegung des Zellensaftes (S. 229 u. 230) angedeutet wurde, daß jede einzelne Zelle ihre besondere Lebensthätigkeit besitze und sich bis zu einem gewissen Grade unabhängig von den benachbarten Zellen ihren eignen Saft bereiten könne. Die anatomische Untersuchung solcher buntgezeichneten Blüthendecken zeigt uns im Allgemeinen ein ähnliches Verhalten, hinsichtlich der verschiedenen Lagerung der Farbstoffe im Zellgewebe, wie in den gleichfarbigen Blüthen. Es möge daher das von einem Blüthenhüllblatte der Sonnenaug-Tulpe genommene (aus Cl. Marquart's Schrift, a. a. O. S. 74, entlehnte) Beispiel zur Erläuterung ähnlicher Fälle genügen. Ein solches Blüthenhüllblatt ist auf der äussern Seite roth, jedoch weniger gesättigt als auf der innern Seite, deren oberer Theil schön karminroth ist und durch einen schwefelgelben Ring von dem schwarzen Flecken am Grunde (dem sogenannten Auge) getrennt wird. Auf dem Querschnitte des Blattes kann man deutlich eine innere, gelbe und zwei äussere, anders gefärbte Schichten erkennen, welche sich leicht von der innern abziehen lassen und deren äusserste, die untere Blattfläche bekleidende mit Spaltöffnungen versehen ist. Wird dagegen von der obern (innern) Seite des Blüthenhüllblattes, seiner ganzen Länge nach, ein Streifen der äussersten Schichte abgezogen und unter dem Mikroskope betrachtet, so sieht man am Grunde, wo der schwarze Flecken befindlich war, die Zellen dieser äussern Schichte mit einem dunkel indigblauen Safte erfüllt, deren mehrfache Lage unserm Auge schwarz erschien. Wo man den gelben Ring im Blüthenhüllblatte bemerkte, hat die äussere Schichte farblose Zellen, und dieser gelbe Ring wird daher durch die gelbe Mittelschichte hervorgebracht, die hier durchscheint. Der rothe Farbstoff des obern Theils liegt dagegen wieder in der äussersten Schichte, wie der blaue des untern Theils, und der ganzen innern Seite fehlen die Spaltöffnungen.

Wenn wir nun noch einmal die Reihe der Blüthenfarben überblicken, so werden wir leicht begreifen, wie diejenigen, welchen das

Blau zu Grunde liegt, eine weit größere Menge von Abstufungen zeigen müssen, als die gelben, da das Blumenblau schon nach seiner verschiedenen Intensität, dann aber nach dem verschiedenen Grade seiner Säurung die verschiedendsten Töne der blauen, violetten und rothen Farbe darzustellen vermag, wozu noch die zahlreichen Abänderungen kommen, welche diese Töne wieder durch die verschiedene Unterlagerung von Gelb und Grün erhalten. Das Gelb ist dagegen an sich schon weniger Abstufungen fähig und dabei weit beständiger in seinem Charakter, so daß es für sich allein nur eine geringe Zahl verschiedener Töne hervorbringen kann, die von dem reinen Schwefelgelb bis zum hohen Goldgelb sich steigern. Diese verschiedenen Abstufungen des reinen Gelb scheinen vorzüglich durch die spärlichere oder reichlichere Ablagerung des gelben Farbstoffes in den einzelnen Zellen, sowie durch die geringere oder größere Mächtigkeit der damit erfüllten Zellenschichten abzuhängen, während die übrigen Abänderungen, namentlich das Auftreten gemischter Farbentöne, durch eine Ueberlagerung der Farben aus der blauen Reihe hervorgerufen werden, wobei dann auch noch das nicht selten in die Blüthenfärbung mit eingehende Blattgrün eine Rolle spielt. Was endlich die weißen Blüthen betrifft, so zeigen dieselben wohl in allen Fällen noch einen leichten Anflug irgend einer Farbe aus der blauen oder gelben Reihe, oder sie spielen auch selbst ins Grüne hinüber, so daß man diese Blüthen hiernach einer oder der andern Reihe zuzählen kann. Sie geben den Beweis, daß in allen Farbenreihen, aus der in hohem Grade verminderten Erzeugung des färbenden Stoffes, die weiße Blüthenfarbe hervorgehen könne.

Aus der großen Veränderlichkeit der Farben der blauen Reihe ergibt sich indessen, warum die damit versehenen Blüthen in ihrer Farbe im Allgemeinen nicht die Beständigkeit zeigen, wie die gelben, und warum die Farbenabänderungen, welche man in der Natur an den Blüthen vieler Pflanzenarten bemerkt, weit häufiger zwischen Blau, Violett, Roth und Weiß als zwischen Gelb und Weiß oder zwischen Gelb und eine der Farben aus der blauen Reihe fallen. Das Märzveilchen finden wir in seinem wilden Zustande mit dunkelblauer, violettrother und weißer Blume; das gemeine Vergißmeinnicht kommt auf Wiesen hellblau, rosenroth und weißblühend vor; der Ackergauchheil

(Anagallis arvensis) wird mit mennichrothen, roth und weiß gefleckten und mit schön blauen Blumen angetroffen; die Wiesensalbei und der kriechende Günsel (Salvia pratensis, Ajuga reptans), welche gewöhnlich blau blühen, kommen auch nicht selten mit rothen Blumen vor, und so ließen sich noch eine Menge Beispiele dieser Farbenabänderungen anführen. Weit seltner sind die Abänderungen der Blüthenfarbe bei einer und derselben Pflanzenart in die gelbe, aus der weißen, wie bei der Alpen-Anemone, oder aus der violettblauen, wie bei dem dreifarbigen Veilchen, in dessen Blume jedoch immer schon neben der blauen auch die gelbe Farbe vorkommt *). Ob und wie weit der verschiedene Standort und Boden auf diese Farbenänderung der Blüthen im wilden Zustand einwirke, ist bis jezt noch nicht durch Beobachtungen genügend nachgewiesen. Dagegen ist es bekannt, daß durch die Kultur bei einer Menge von Pflanzen sehr viele Farbenveränderungen in der Blüthe hervorgebracht werden können. Aber auch hier sehen wir diese Abänderungen meistens in der blauen Farbenreihe eintreten und zwischen Blau, Violett, Roth und Weiß fallen. Die Glockenblumen (Campanula), Rittersporne (Delphinium Ajacis, D. pubescens), Kornblumen (Centaurea Cyanus), Nelken, Camellien, Hyacinthen, der Ackelei, der Gartenmohn, die purpurrothe Winde u. v. a. geben dazu zahlreiche Belege. Wenn es nun auch nicht an Beispielen fehlt, wo diese Farbenveränderung aus der blauen Reihe in die gelbe, oder umgekehrt aus dieser in die blaue Reihe überspringt, so sind sie doch weniger zahlreich. So sehen wir die rothe Farbe in Gelb (zum Theil auch in Weiß) übergehen bei der gemeinen Wunderblume (Mirabilis Jalapa), bei den Georginen, der Stockmalve und der reichblüthigen Zinnie, in deren

*) Eine merkwürdige Farbenabänderung kommt zuweilen in den Blumen des sichelfrüchtigen Schneckenklees (Medicago falcata) vor, wo man ausser den gelben, auch Blumen mit einer violetten und sogar mit einer schönen sammetartig-grünen Färbung antrifft. Die lezlere ist indessen ganz verschieden von dem durch das Chlorophyll hervorgebrachten Grün und entsteht wahrscheinlich dadurch, daß sich über der gelben Mittelschichte eine dünne Lage von blauem Farbstoff bildet, die noch die gelbe Farbe durchscheinen läßt.

Strahlblüthen aber immer schon eine gelbe Zellenschichte als Unterlage der rothen vorhanden ist; umgekehrt sehen wir die ursprünglich gelben Blumen der Aurikel in unsern Gärten in mancherlei Schattirungen von Roth, Violett oder selbst in die grünliche Farbe übergehen, auch die stengellose, die gebräuchliche und hohe Primel (Primula acaulis, Pr. officinalis Pr. elatior) vertauschen durch die Kultur ihre gelbe Blumenfarbe gegen die rothe.

Aber nicht blos solche Abänderungen der Farbe im wilden oder kultivirten Zustande und bei verschiedenen Pflanzen einer Art werden beobachtet, sondern es kommen auch häufig bei der nämlichen Pflanze, nach den verschiedenen Lebensperioden der Blüthe, merkwürdige Uebergänge einer Farbe in die andere vor. Doch ist auch hier das Spiel der Farben aus der blauen Reihe über das der gelben weit überwiegend. Bei den gelben Blüthen geht die ursprünglich grüne Farbe des Blüthenknopfes allmälig und ohne Mittelstufe in die gelbe über und diese bleibt dann in den meisten Fällen bis zum Absterben der Blüthendecke. Die grünen Knospen der weißen Blüthen nehmen mit ihrem Größerwerden eine immer bleichere grüne Farbe an, bis bei der Entfaltung das Weiß entschieden auftritt. Da aber die weiße Blüthenfarbe fast nie ganz rein, sondern mit einem mehr oder weniger leicht bemerkbaren Anfluge von Blau, Violett, Roth oder Gelb erscheint, so müssen wir wohl annehmen, daß in den weißen Blüthen die Umwandlung des Chlorophylls nur unvollkommen geschehen und auf einer niedrigern Stufe stehen geblieben ist, und daß überhaupt das Blattgrün, wenn es in eine andere Farbe übergehen soll, zuerst eine Entfärbung erleidet. Diese Annahme erhält durch die Beobachtung der Farbenveränderung in den blauen, violetten und rothen Blüthen noch eine weitere Bestätigung. Die Blüthen, welche diese Farben annehmen, zeigen nämlich bei ihrem Uebergang aus der grünen zuerst eine mehr oder weniger entschiedene weißliche Färbung, welche dann allmälig in eine der genannten Farben sich umwandelt. Daher kommt es dann auch, daß häufig weiße Blüthen in Roth und Blau umändern, oder daß umgekehrt blaue und rothe Blüthen in Weiß umschlagen, weil es im ersten Falle nur noch eines Schrittes bedarf, um die im Weißen meist schon leise angedeutete Farbe voll-

ständig zu entwickeln, und im zweiten Falle durch mancherlei äussere oder innere Bedingungen die Pflanze in der vollständigen Entwicklung der Blüthenfarbe gehindert werden kann. In den blauen und violetten Blüthen sehen wir ferner in den meisten Fällen nach der weißen noch eine röthliche Färbung eintreten, bevor die eigentliche, bleibende Farbe erscheint, und bei vielen Pflanzen, namentlich aus der Familie der Borragineen, z. B. bei den Lungenkraut-, Ochsenzungen-, Natterkopf- und den meisten Vergißmeinnicht-Arten (Pulmonaria, Anchusa, Echium, Myosotis) haben sogar die bereits aufgebrochenen Blumen noch eine schöne rothe Farbe, welche sich nun erst allmälig in die blaue oder violette umwandelt. Es ist daher, obgleich das Blumenblau als die Grundfarbe dieser Reihe erscheint und aus diesem das Roth durch Säurung hervorgeht, doch damit nicht gesagt, daß die rothe Farbe der Blüthen erst nach der blauen eintreten müsse, sondern oft ist die rothe früher vorhanden und geht, ohne Zweifel durch die Abstumpfung oder Aushauchung der Säure nach dem Aufbruche der Blüthen, in die blaue über.

Bei dieser Umwandlung der Farben während der verschiedenen Lebensperioden der Blüthe treten zwar in den meisten Fällen nur die zu der nämlichen Reihe gehörigen Farbenstufen auf; es fehlt aber doch nicht an Beispielen, wo auch ein Hinüberspringen aus einer der beiden Farbenreihen in die andere stattfindet. So sehen wir die Blumen des farbenändernden Vergißmeinnichts (Myosotis versicolor) bei ihrem Aufbrechen erst schwefelgelb und dann blau; während daher bei den übrigen Arten, namentlich bei dem Bach-Vergißmeinnicht (Myosotis intermedia), in der einseitigen Blüthenähre zu gleicher Zeit unten blaue und oben rothe Blumen vorkommen, zeichnet sich jene Art durch die gelben Blumen aus, die über den blauen und zulezt violetten in der Blüthenähre vorhanden sind. Die vier Blumenblätter des veränderlichen und des besenförmigen Lacks (Cheiranthus mutabilis u. Ch. scoparius) sind vor dem Aufbrechen des Blüthenknopfes, auch wohl noch kurze Zeit nachher, gelb, worauf sich die Farbe der Blume trübt und durch Orange endlich in Roth und Violett übergeht. Dieser Farbenwechsel geht auch dann vor sich, wenn die geöffneten

Blumen der Einwirkung des Lichtes entzogen werden, ein Beweis, daß er hier nicht von äußern Einflüssen abhängt, sondern durch eine innere Thätigkeit der Pflanze bedingt ist*). Ob dieser Uebergang der Farben immer in näherer Beziehung zu dem Befruchtungsproceſſe stehe, wie El. Marquart bei der leztgenannten Pflanze beobachtet haben will, oder ob der Farbenwechsel blos dem Kreiſe der vegetativen Lebenserscheinungen angehöre, bleibt

*) In andern Fällen ist jedoch der Antheil, welchen der Einfluß des Lichtes an der Farbenveränderung hat, nicht zu verkennen, wie wir schon bei dem herbstlichen Farbenwechsel der Blätter erfahren haben, und wie man bei manchen Früchten, z. B. bei verschiedenen Aepfel-, Birnen-, Kirschen- und Traubensorten sieht, wo nur die von der Sonne beschienenen Stellen eine gesättigte Farbe annehmen. Bei Gräsern, Doldenpflanzen und vielen andern Gewächsen sind, wie Roeper (De Candolle's Pflanzen-Physiol. Bd. 2, S. 725, in der Anmerk.) sehr richtig erinnert, die Stengel an der Luft sattgrün, selbst roth, violett u. s. w., während die von den Blattscheiden bedeckten Stellen blaßgrün oder gelblich bleiben, so wie man auch bei einer Eichel oder Haselnuß an der bläſſern Färbung ihres Grundes stets erkennen kann, wie weit ihre Hülle reichte. Daß aber bei Blüthenblättern, deren Rand in Folge einer bestimmten Blüthendeckenlage im Knopfe bedeckt war, dieſer Rand deßwegen bläſſer gefärbt sey, weil er später mit der Atmosphäre und dem Lichte in Berührung kam als der übrige Theil des Blüthenblattes, ist nicht wahrscheinlich, weil diese Deckung doch wohl keinen Unterschied in Bezug auf die innere Fläche der Blüthenblätter bedingen kann, welche aber in den meisten Fällen die stärker gefärbte ist, obgleich sie später als die äussere Fläche der Einwirkung des Lichtes blosgestellt wird. Bei den Blüthen scheint im Gegentheil die Macht des Lichtes im Allgemeinen nur einen geringen Einfluß auf die Färbung auszuüben, und daß dieſes auch noch bei andern Pflanzentheilen der Fall sey, beweisen unter andern die Beeren der gemeinen Blasenkirsche (Physalis Alkekengi), welche trotz dem, daß der bauchig vergrößerte Kelch allen Lichtzutritt zu denselben verhindert, eine schöne hochrothe Farbe annehmen, ferner viele Samen, die in ihrer Fruchthülle eingeschlossen und dem Lichte völlig unzugänglich, dennoch eine lebhafte Färbung zeigen.

Bei dem gelben Safran (Crocus maesiacus) findet man in der noch unter der Erde befindlichen Knoſpe, vier bis sechs Wochen vor dem Blühen, wo die Blüthenhülle kaum erst die halbe Länge der Staubbeutel erreicht hat, die Blätter der leztern doch schon schön pomeranzenfarbig, und zwar an ihren bedeckten Rändern eben so stark, wo nicht noch stärker gefärbt als in der Mitte.

eine Frage, zu deren Lösung noch mehrfältige Beobachtung an andern farbenwechselnden Blumen erfordert wird. Sowohl bei dem zuerst genannten Vergißmeinnicht als bei den beiden Lack-Arten wachsen die Blumen während des Farbenwechsels immer noch fort und nehmen an Größe zu; die anatomische Untersuchung läßt aber keine neu entstandenen, anders gefärbten Zellenschichten erkennen, sondern zwingt uns zu der Annahme, daß hier wirklich der gelbe Farbstoff (nach Marquart's Ansicht durch Abgabe von Wasser) in den blauen übergehe. Das Nämliche scheint der Fall zu seyn in den beiden anfangs gelben, später pomeranzenfarbigen und mennig- oder dunkelrothen Flecken, welche auf den beiden größern Blumenblättern der gemeinen und rothblühenden Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum u. Aesc. rubicunda) vorkommen, so wie in dem Flecken auf der Fahne der Schmetterlingsblüthe mehrerer Lupinen (Lupinus pilosus, L. Cruikshankii u. a.), wo sich zu der Umwandlung der gelben Farbe des Fleckens in Dunkelorange oder Braun noch die blaue Färbung der anfangs weißlichen Blume gesellt.*)

Wie wir während des Aufbrechens und oft noch einige Zeit nachher die Blüthen ihre Farben wechseln sahen, so tritt auch häufig vor ihrem Absterben noch einmal ein Farbenwechsel ein. So geht die rothe Farbe der Blumen bei der knolligen und Frühlings-Walderbse (Orobus tuberosus u. O. vernus), wenn sie dem Verwelken nahe kommen, in Blau über. Bei manchen weißblühenden Nachtkerzen (Oenothera acaulis, Oen. speciosa) und selbst bei gelbblühenden (Oen. salicifolia,

*) Daß sich in diesen Flecken während des Farbenwechsels neue, mit rothem Farbstoff erfüllte Zellen zwischen und über den alten, mit Gelb erfüllten bilden, wie Cl. Marquart (a. a. O. S. 86) glaubt, ist sehr unwahrscheinlich, und es ist nicht einzusehen, warum hier nicht eben so gut eine bloße Umwandlung des gelben Farbstoffes in den obern Zellenschichten und in einzelnen Zellenstreifen statt finden soll, wie dieses im ganzen Zellgewebe oder im größten Theil desselben in den Blüthen der Myosotis versicolor und Cheiranthus scoparius geschieht. Auch möchte die Entstehung neuer Zellen zwischen und über den alten in diesen Fällen, vorausgesezt sogar, daß sie wirklich stattfände, nicht so leicht durch die anatomische Untersuchung nachzuweisen seyn.

Oen. nocturna u. a.) nehmen die Blumen vor ihrem Absterben eine rothe Farbe an. Das Nämliche ist der Fall bei den gelben Blumen des Färbersaflors (Carthamus tinctorius), die sich zulezt schön roth färben. Bei Pflanzen, deren einzelne Blumen nur eine kurze Blüthezeit haben, ist dieser Farbenwechsel, weil er schnell nacheinander erfolgt, oft sehr auffallend, wie unter andern bei dem in Ostindien einheimischen veränderlichen Hibiscus (Hibiscus mutabilis), dessen Blume am Morgen beim Aufbrechen weiß ist, gegen Mittag fleischroth und Abends dunkelroth wird *).

Endlich ist noch des Farbenwechsels zu erwähnen, welchen manche Blüthen durch das Trocknen erleiden. Während z. B. die Blumen vieler blaublühenden Glockenblumen (Campanula) beim Trocknen verbleichen und weiß werden, sahen Adr. de Jussieu und Röper die Blumen von weißblühenden Arten oder Spielarten dieser Gattung eine blaue Färbung annehmen, die aber mit der Zeit und bei völliger Austrocknung wieder verschwand. Die Blumen mancher gelbblühenden Nachtkerzen werden beim Trocknen roth. Marquart sah beim Pressen und Trocknen der pomeranzenfarbigen Blüthe von Hemerocallis fulva zwischen weißem Papier, das leztere blau gefärbt, was indessen auch durch einen geringen Kalkgehalt des Papiers verursacht seyn konnte. Es ist ferner eine bekannte Sache, daß manche gelben Blumen, wie die mehrerer Primeln (Primula officinalis, Pr. elatior u. Pr. acaulis), des gehörnten Schotenklees (Lotus corniculatus) und des grasnelkenblättrigen Habichtskrautes (Hieracium staticifolium), beim Trocknen oder selbst noch, nachdem sie längere Zeit in den Her-

*) Da der während der Blüthezeit herrschende Wärmegrad überhaupt auf die Dauer derselben von großem Einfluß ist, indem bei einer niedrigern Temperatur die Blumen im Allgemeinen langsamer verblühen als bei einer wärmern Witterung, so erklärt sich daraus, warum Ramond de la Sagra (vergl. De Candolle Pflanzen-Physiol. Bd. 2. S. 726) an einem Tage, wo das Thermometer viel niedriger als gewöhnlich stand, bei der genannten Pflanze den Farbenwechsel nicht eintreten sah, der dann erst am folgenden Tage erfolgte. Mit allen übrigen Verrichtungen der Blüthe mußte dadurch offenbar auch dieser Farbenwechsel verzögert werden.

barlen aufbewahrt worden, grün werden. Wenn man aber genauer nachsieht, so findet man ihre grüne Farbe von dem Grün der Blätter ganz verschieden, mehr ins Blaue spielend, und zuweilen läßt es sich deutlich erkennen, daß dieselbe durch eine Lage von blauem Farbstoff, unter welchem noch die gelbe Farbe hervorsticht, bewirkt wird. In allen diesen Fällen scheint also noch nach dem Tode der Blüthe eine Bildung von blauem Farbstoff einzutreten, und diese durch das Austrocknen hervorgerufene Erzeugung desselben kann zur weitern Bestätigung der von Cl. Marquart aufgestellten Ansicht dienen, daß die Entstehung des blauen Farbstoffes der Blüthen aus dem Chlorophyll oder dem Blumengelb durch die Ausscheidung von Wasser oder dessen Bestandtheilen bedingt werde.

So viel geht aus dem, was wir über die Blüthenfarben bis jezt wissen, hervor, daß die denselben zu Grunde liegenden Farbstoffe von der Pflanze aus dem Chlorophyll bereitet werden, daß also alle einen gleichen Ursprung haben, und daß selbst eine weitere Umwandlung des farblosen Saftes der weißen Blüthen in die Farben der blauen und gelben Reihe, so wie des gelben Farbstoffes in die der blauen Reihe nichts Seltnes ist, daß ferner die weiße Blüthenfarbe (in ihrer völligen Reinheit) zu keiner der beiden Farbenreihen gezählt werden darf, da sie sowohl in die gelbe als auch in die blaue Farbe umschlagen kann. Es wird uns daher auch nicht mehr befremden, wenn wir oft unter der nämlichen Pflanzengattung Arten mit blauen, violetten oder rothen und andere mit gelben oder weißen Blumen antreffen, wie bei den Gattungen Enzian (Gentiana), Veilchen (Viola), Winde (Convolvulus), Flockenblume (Centaurea) und Lein (Linum), wenn ferner in dem nämlichen Blüthenstande, wie bei vielen Korbblüthigen (Anthemis, Rudbeckia, Zinnia, Aster), und selbst in der nämlichen Blume, wie bei der dreifarbigen Winde (Convolvulus tricolor), dem dreifarbigen Veilchen (Viola tricolor) und der Sonnenaug-Tulpe (Tulipa Oculus solis), die Farben der beiden Reihen, oft noch in Gesellschaft von Weiß, neben einander auftreten oder in verschiedenen Lebensperioden aufeinander folgen. Demungeachtet ist doch bei der Mehrzahl der Gewächse eine gewisse Gesetzmäßigkeit nicht zu verkennen, indem die Farbenverschieden-

heit in den Blüthen verschiedener Arten, eben so wie die Veränderung und der Wechsel der Farben bei einer bestimmten Pflanzenart (sey er nun natürlich oder durch künstliche Behandlung hervorgerufen) im Allgemeinen mehr auf die eine oder die andere der beiden Farbenreihen beschränkt ist.

Es liegt jedoch in Bezug auf die Blüthenfarben noch ein weites Feld zu Beobachtungen offen. Für unsern Zweck mögen diese kurzen Andeutungen genügen. Sehr wahrscheinlich ist es, daß die Färbung der Blüthen und der herbstliche Farbenwechsel der Blätter hinsichtlich ihrer innern Ursachen in naher Beziehung stehen, daß also beiden ähnliche Gesetze und Lebensverrichtungen zu Grunde liegen und daß darum bei den chemisch-physiologischen Untersuchungen der Blüthenfarben die Farbenumänderung der Blätter stets im Auge behalten werden müsse, wenn wir der Hoffnung leben wollen, den so sehr erwünschten nähern Aufschluß über diese beiden merkwürdigen Lebenserscheinungen endlich zu erhalten. *)

III. Von der Fortpflanzung.

§. 205.

Unter Fortpflanzung im Allgemeinen begreifen wir diejenigen Verrichtungen der Pflanzen, welche die Frucht- und Samenbildung und in deren Folge die Erzeugung neuer Pflanzen zum Zwecke haben, wobei nicht mehr eine blos vegetative Thätigkeit, wie bei der Vermehrung, im Spiele ist, sondern zugleich durch die über die Schranken des Wachsthums hinaus wirkende Lebenskraft ein neues, von dem der Mutterpflanze völlig unabhängiges Leben hervorgerufen wird. Während bei der Vermehrung die unmittelbar nur aus dem Wachsthumsprocesse hervorgegangenen Knospen, so wie die aus ihnen sich entfaltenden Theile, bis zu ihrer (freiwilligen oder gewaltsamen) Trennung

*) Da auch die Farben der Fruchthüllen, so lange wenigstens ihre Fruchthülle noch saftführend ist, in die nämlichen Farbenreihen, wie die der Blätter und Blüthen, fallen und ohne Zweifel demselben Bildungsgange angehören, so dürften auch sie bei künftigen Untersuchungen nicht außer Acht zu lassen seyn.

von der Mutterpflanze abhängig bleiben und durch dieselbe bis zu diesem Zeitpunkt ernährt werden müssen, hört bei der Fortpflanzung schon vor der Trennung die Ernährung der neuen Pflanze (des Keims) oder ihrer Grundlage, und damit ihre Abhängigkeit von der Mutterpflanze auf. Wir haben aber bei der Fortpflanzung vier verschiedene Verrichtungen zu unterscheiden, nämlich die Befruchtung, die Frucht- und Samenreife, die Aussaat und die Keimung, deren jede (in den meisten Fällen) durch die vorhergehende bedingt wird.

1. Von der Befruchtung.

§. 206.

Befruchtung nennen wir den Akt, durch welchen die völlige Ausbildung der in dem Eierstock oder überhaupt in dem Fruchtansatze nur erst in der Anlage vorhandenen Samen und Sporen vermittelt wird. Ueberall, wo sich die Befruchtung im Pflanzenreiche nachweisen läßt, finden sich zweierlei Organe vor, welche unmittelbar dabei thätig sind, nämlich die befruchtenden oder männlichen Organe — Staubgefäße der Phanerogamen, Antheridien der Kryptogamen — und die zur Aufnahme des befruchtenden Stoffes bestimmten oder weiblichen Organe — Pistille der Phanerogamen, Fruchtansänge oder Fruchtansätze der Kryptogamen. Auf dem getrennten oder gemeinschaftlichen Vorkommen dieser zweierlei Organe beruht das verschiedene Geschlecht einer Blüthe, eines Blüthenstandes oder einer ganzen Pflanze. Wie hiernach die Blüthen in Zwitterblüthen, in männliche und weibliche Blüthen unterschieden werden, ist schon (I, S. 257) erklärt worden. Wenn nun eine Pflanze lauter Zwitterblüthen trägt, so ist sie selbst eine Zwitter- oder monokliniſche Pflanze, wie die Rose, Lilie und der Weinstock; kommen aber bei einer Pflanzenart männliche und weibliche Blüthen vor, so ist dieselbe getrennten Geschlechtes oder diklinisch, und hier ist wieder zu unterscheiden, ob beiderlei Blüthen auf einem und demselben Stamme vereinigt sind, wo die Pflanze einhäusig oder monöcisch heißt, oder ob die verschiedengeschlechtigen Blüthen auf verschiedenen Stämmen vertheilt, also von einer Art männliche und weibliche

Pflanzen vorhanden sind, wo sie zweihäusig oder diöcisch genannt werden. Beispiele von monöcischen Pflanzen sind die eßbare Kastanie, der Wallnußbaum, die Eiche, Buche und der Haselstrauch, von diöcischen die Weiden, der Hopfen und Wachholderstrauch. Endlich gibt es noch Pflanzenarten, wo auf den nämlichen oder auf verschiedenen Stämmen Zwitterblüthen und eingeschlechtige (männliche oder weibliche) Blüthen vorkommen, wie bei der Roßkastanie, den Ahornen, Gleditschien und vielen Gräsern; diese werden als polygamische (vielehige) Pflanzen bezeichnet. Während im Thierreich die Trennung der Geschlechter in verschiedenen Individuen vorherrscht und das Zwittergeschlecht auf die Thiere der tiefern Klassen beschränkt ist, erscheint umgekehrt im Pflanzenreiche das leztere vorherrschend; das getrennte Geschlecht findet sich dagegen von den Pflanzen der höhern bis zu denen der tiefern Organisationsstufen herab und scheint sogar bei den leztern das überwiegende zu seyn.

§. 207.

Da man bis jezt den Hergang des Befruchtungsaktes nur bei phanerogamischen Pflanzen genauer zu verfolgen im Stande war, so soll auch vorerst derselbe nur von diesen Pflanzen erklärt und dann dasjenige mitgetheilt werden, was uns zur Annahme dieses Aktes auch bei einem Theil der kryptogamischen Pflanzen berechtigt. Als den wesentlichen Theil der befruchtenden Organe haben wir schon (§. 69) die Anthere kennen gelernt, und diese ist es also auch, die wir hauptsächlich in Bezug auf ihren Inhalt vorerst im Auge behalten müssen. Während in den grünen Blättern und blattartigen Organen des Stammes der bis zu denselben aufgestiegene Saft, nachdem er hier weiter assimilirt worden, zum größten Theile wieder in den übrigen Pflanzenkörper zurückkehrt, um dort zur Ernährung und Bildung neuer Theile verwendet zu werden, nehmen die Befruchtungsorgane die Säfte in sich auf und verwandeln dieselben in Stoffe, die nicht mehr zur Ernährung der Pflanze taugen, sondern in diesen Organen selbst angehäuft bleiben und zur Bildung ihnen ausschließlich zugehörender Theile verwendet werden. In dem Zellgewebe, welches die Höhle der Antherenfächer gänzlich ausfüllt, wird eine

körnige Masse erzeugt, woraus sich die Pollenkörner bilden, so zwar, daß in jeder einzelnen Zelle mehrere, am häufigsten vier, anfangs zusammenhängende Körner entstehen, die mit ihrer eigenen meist doppelten Haut umkleidet werden und später, nachdem die sie umschließende Mutterzelle verschwunden ist, frei in den Fächern des Staubbeutels liegen, wobei entweder alle Körner getrennt sind, oder in bestimmter Anzahl, wie sie in einer Mutterzelle zusammen entstanden, verbunden bleiben. Daß bei den leztern die Vierzahl vorherrsche, ist früher (I, S. 326 u. 327) angegeben worden, so wie, daß bei Asclepiadeen und Orchideen die Pollenkörner eines Antherenfaches noch längere Zeit, auch nach ihrem Austreten aus der Anthere, zu größern Massen vereinigt sind. Sowohl die Zellen, welche in den Beuteln der Asclepiadeen die einzelnen Pollenkörner enthalten, als auch diejenigen, welche bei manchen Orchideen (I, S. 329) die noch zu vieren vereinigten Körner der Pollenmassen einschließen, sind als die Mutterzellen zu betrachten, die bei diesen Pflanzen nicht, wie bei andern, verschwinden, sondern bis nach dem Austreten aus der Anthere bleiben.

Wenn die Pollenkörner ihre völlige Ausbildung erlangt haben, so öffnen sich die Antherenfächer auf eine der (I, S. 321) beschriebenen Weisen, und dieses Oeffnen wird besonders da, wo sich die Klappen der Antherenfächer zurückrollen, durch die verschiedene Hygroskopicität der Zellen bewirkt, von welchen, wie (II, S. 88, 89 u. 220) angegeben wurde, die äussern, der Oberhaut angehörenden ganz gleichförmige dünne Wände haben, während die innern, die Höhlung des Faches auskleidenden starre, fasernähnliche Verdickungen zeigen. Sobald nun nach der vollendeten Ausbildung der Anthere die Feuchtigkeit in den Zellen ihrer Klappen verschwindet, so werden sich die Membranen der Oberhaut-Zellen weit stärker zusammenziehen als die der Faserzellen, welche eben durch ihre starren Fasern in ihrer ursprünglichen Ausdehnung erhalten werden, und die ganz natürliche Folge davon ist, daß die Klappen sich nach Aussen zurückschlagen oder umrollen müssen. Dadurch werden die Pollenkörner blosgelegt. Wenn aber die Befruchtung wirklich stattfinden soll, so müssen die Pollenkörner auf die Narbe des Pistills gebracht werden und dieses bewirkt die Natur auf verschiedenen Wegen.

Bei Zwitterblüthen, deren Pistille frei zwischen den Staubgefäßen stehen, kann der leichte Pollen meist ohne Schwierigkeit auf die Narbe gelangen, und ausser der gegenseitigen, dem Befruchtungsakte meist günstigen Stellung der Befruchtungsorgane, wird dieser noch durch die bei vielen Pflanzen den Staubgefäßen eigene Fähigkeit, sich nach der Narbe hin zu bewegen oder ihren Polen mit elastischer Kraft gegen dieselbe zu schleudern, erleichtert. Bei manchen Liliaceen, bei Steinbrech-Arten, bei der Parnassie, bei Kalmien, Storchschnabel-Arten u. a. m. nähern sich die Staubgefäße gleichsam automatisch dem Pistille, um ihre Antheren über die Narbe zu bringen; bei den Nelken und Rauten geschieht diese Annäherung in einer gewissen Reihenfolge, indem die Staubgefäße des äussern Wirtels, welche mit den Blumenblättern alterniren, beginnen, und dann erst die des innern Wirtels, welche vor den Blumenblättern stehen, folgen. Bei andern Pflanzen, wie bei dem Sauerdorn und den Cacteen-Arten, kann ein mechanischer Reiz die Annäherung der Staubgefäße an die Narbe bewirken. Bei den Wandkräutern (Parietaria) schnellen die Anfangs eingebogenen Staubfäden mit Elasticität zurück und schleudern den Pollen als ein Staubwölkchen gegen die Narbe.

An den Griffeln und Narben sind in der Regel die Bewegungen weniger in die Augen fallend, aber dennoch in manchen Fällen deutlich wahrzunehmen. Die Narben der Passionsblumen, der Weidenröschen (Epilobium), der Nigellen u. a. m. neigen sich zur Zeit der Befruchtung gegen die Staubgefäße; an vielen aus zwei Plättchen gebildeten Narben, wie bei dem Gnadenkraute (Gratiola), den Bignonien, Gauklerblumen (Mimulus), klaffen diese Plättchen von einander, um den Pollen leichter aufnehmen zu können, und legen sich später wieder aneinander.

Wo diese Bewegungen der Befruchtungsorgane fehlen, stehen entweder die Antheren in gleicher Höhe mit den Narben oder höher, so daß der ausfallende Pollen leicht auf dieselbe gelangen kann. In den Fällen, wo die Antheren tiefer stehen, als die Narbe des ausgewachsenen Griffels, ist die Blüthe häufig nickend und überhängend, oder, was am häufigsten vorkommt, die Staubbeutel öffnen sich schon in der noch geschlossenen Blüthe,

so lange der Griffel noch so weit verkürzt ist, daß die Narben im Stande sind, den Pollen aufzunehmen. Bei den Glockenblumen (Campanula), wo die Staubbeutel schon vor dem Aufbrechen der Blume ihre völlige Ausbildung erlangt haben und sich öffnen, sind dieselben um diese Zeit dem Griffel fest anliegend und der austretende Pollen bleibt an diesem hängen, indem er durch die gleichzeitig ausschwitzende Narbenfeuchtigkeit angeklebt oder zwischen die kurzen, starren Haare, welche bei vielen Arten den Griffel von der Mitte bis nach oben bedecken, eingeschoben wird; daher sieht man nach dem Oeffnen der Blüthe die Staubbeutel bereits verschrumpft im Grunde der Blume, während der nun stark verlängerte Griffel an seinem obern Theil mit Pollenkörnchen bepudert ist*). Auf ähnliche Weise läßt auch die Anthere in der noch geschlossenen Blüthe der Blumenrohre (Canna), wo sie dem breiten, blumenblattähnlichen Griffel fest anliegt, ihren Pollen austreten, der dann vermittelst der ausgeschwizten Narbenfeuchtigkeit unter der Spitze des erstern, in Gestalt eines Staubhäufchens, kleben bleibt. Bei den Rapunzeln (Phyteuma) und den Proteaceen (Protea, Hakea, Grevillea, Banksia u. s. w.), deren Blüthenblätter zuerst an der Seite sich trennen und mit ihren Spitzen noch längere Zeit verbunden bleiben, streuen die alsdann um die Narbe fest zusammenschließenden Antheren ihren Pollen auf dieselbe, und wenn der Griffel, nach dem völligen Aufbruche der Blüthe, weit über die Antheren sich erhebt, ist die Befruchtung bereits geschehen. Bei den Lobelien und den Korbblüthigen, wo die Staubbeutel in eine Röhre verwachsen sind, steigt der sich allmälig verlängernde Griffel zu der Zeit, wo die Antheren sich nach innen öffnen, in dieser Röhre empor, seine Narben streifen den Pollen ab und

---

*) Hier ist das Merkwürdige, daß der obere in drei Zipfel gespaltene Theil, welcher dem Anschein nach die Narbe darstellt, nicht die Funktion derselben ausübt, sondern, wenigstens auf der innern Seite der Zipfel nicht zur Aufnahme des Pollens geschickt ist, während nur die Aussenseite des Griffels und zwar meist unterhalb der scheinbaren Narbe den Pollen aufnimmt. Doch gibt es auch noch andere Pflanzen, bei welchen die Narben oder auch der obere Theil der Griffel nur auf der äussern Seite dem Pollen zugänglich sind, wie die Korbblüthigen, die Schwertlilien u. a. m.

bedecken sich mit demselben, wobei oft noch die Haare, welche um den obern Theil des Griffels stehen, während seines Hervortretens über die Staubbeutelröhre den Pollen der geöffneten Antherenfächer vollends ausbürsten. Bei den Ovodenien, wo die Befruchtung ebenfalls vor dem Aufblühen geschieht, ist die auf der Spitze des Griffels befindliche Narbe mit einer trichterförmigen Haut umgeben, welche so lange oben geöffnet bleibt, bis die über der Narbe kegelig zusammenneigenden Antheren ihren Pollen entleert haben, der in den geöffneten Trichter fällt; hierauf schließt sich diese Haut, und wenn man dieselbe nach dem Aufbruche der Blüthe, wo sich der Griffel stark verlängert hat, öffnet, so findet man die feuchte Narbe im Grunde mit anklebendem Pollen bedeckt. Bei kopfig zusammengedrängten Blüthen können endlich die Narben einer jeden Blüthe auch durch die Pollen der benachbarten Blüthen befruchtet werden.

Bei diklinischen Blüthen wird zwar meist die Aufnahme des Pollens durch die Narbe unmittelbar aus der Anthere unmöglich; aber auch bei diesen fehlt es nicht an Vorrichtungen, um diese Aufnahme dennoch zu bewirken. Hier wird die Bestäubung der Narbe durch die Stellung der männlichen Blüthen über den weiblichen bei den meisten monöcischen Pflanzen, wie bei den Aron-Arten (Arum), Riedgräsern (Carex), Rohrkolben (Typha) und der zahmen Kastanie, erleichtert, während bei andern, besonders aber bei diöcischen Pflanzen, der Wind und die Insekten, die zum Theil nur auf einer bestimmten Pflanzenart leben, zur Erfüllung des Befruchtungsgeschäftes beitragen. Selbst in Zwitterblüthen, wo durch die Stellung der Antheren gegen die Narbe der Pollen nicht von selbst auf die leztere gelangen kann, wie bei Osterluzei-Arten (Aristolochia), bei Orchideen und Asclepiadeen, kann man beobachten, wie die dem Honigsafte der Blüthen nachgehenden Insekten den Pollen an die zur Befruchtung geeigneten Stellen der Narbe bringen. Die Lage der Nektarien ist dann gewöhnlich so, daß die von ihrem süßen Safte angelockten Insekten den Pollen mit ihren Füßen oder den steifen Haaren ihres Körpers von den Antheren abstreifen und dann auf die Narbe bringen müssen *).

---

*) Die zahlreichsten Beobachtungen über die durch Insekten bewirkte Befruchtung der Pflanzen hat Christian Konrad Sprengel

Wie der Pollen ferner in Menge und oft sehr weit durch die Luft fortgeführt werden könne, sieht man bei jedem blühenden Zweige der Tannen, Kiefern, Haseln und anderer diklinischer Bäume, wo die geringste Erschütterung das Ausstäuben einer gelblichen Staubwolke von Pollen veranlaßt. Bekannt ist der sogenannte Schwefelregen, welcher aus nichts anderem besteht, als aus einer unendlichen Menge von Pollenkörnern, die nach neuern Untersuchungen vorzüglich von Fichtenarten herrühren und, von dem Winde in die Höhe gehoben und weit umhergetrieben, endlich durch einen zufällig herabfallenden Regen aus der Luft mit niedergeschlagen werden. Wie weit dieser Pollen zuweilen fortgeführt werde, geht aus den von Lyngbye*) mitgetheilten Nachrichten hervor, nach welchen einmal im Frühling ein solcher vermeintlicher Schwefelregen in Kopenhagen und der dortigen Umgegend fiel, wodurch Wege, Teiche und Dächer mit einem gelben Staube bedeckt wurden, der ohne Zweifel solcher Pollen war und nach Lyngbye's Meinung nur aus den Fichtenwäldern Mecklenburgs und Pommerns herübergeführt seyn konnte. Derselbe beobachtete ferner gegen Ende des Mai in der Ostsee, weit von der schwedischen Küste entfernt, einen breiten, gelben Streifen auf der Oberfläche des Wassers, welchen die Fischer für Fischlaich erklärten, der aber, wie eine genauere Untersuchung zeigte, aus Fichtenpollen bestand. Dieser ist nämlich sehr leicht an seiner sonderbaren dreiknöpfigen Gestalt**) zu erkennen.

Da die Pollenkörner, wie schon (I, S. 330) angegeben worden, meist im Wasser leicht aufplatzen und ihren Inhalt plötzlich entleeren, so erklärt sich hieraus, warum bei vielen Pflanzen, wenn während ihrer Blüthezeit regnerisches Wetter eintritt, die Befruchtung gestört wird und dieselben dann nur wenige oder keine Früchte ansetzen; die beim Oeffnen der Antheren blosgelegt

---

angestellt und in einem eigenen Werke (das entdeckte Geheimniß der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. Berlin, 1793. Mit 25 Kupfert.) bekannt gemacht.

*) *H. Christ. Lyngbye*, Tentamen Hydrophytologiae Danicae Hafn. 1819. (p. 212).

**) Bischoff, Handb. d. bot. Terminol. und Systemk. Tab. 34. Fig. 1245, a b c.

ten Pollenkörner werden nämlich durch das Regenwasser nicht sowohl aus der Blüthe fortgeschwemmt, als vielmehr zum Aufplatzen veranlaßt, ohne ihren Inhalt auf die bestimmte Weise dem Pistille mittheilen zu können. Bei manchen Pflanzen hat indessen die Natur besondere Vorkehrungen getroffen, um sowohl die Befeuchtung, als auch das Vertrocknen der Befruchtungsorgane, durch die Sonnenstrahlen zu verhindern. Bei vielen Pflanzen geschieht nämlich, wie oben erwähnt, die Befruchtung noch in der geschlossenen Blüthe; bei andern, wie beim Weinstock und den Rapunzelarten (Phyteuma), werden die Befruchtungsorgane, bis sie ihre Verrichtung vollführt haben, durch die wenigstens an ihren Spitzen noch längere Zeit verbunden bleibenden Blüthenblätter beschüzt; bei den Schönmüzen (Eucalyptus), den Deckelmyrthen (Calyptranthes) und einigen Verwandten bleibt die sich lösende Blüthendecke in Deckelform über den Antheren stehen; bei den Labiaten mit rachenförmiger Blume bildet die meist gewölbte Oberlippe der leztern die schüzende Decke u. s. w. Bei den Wasserpflanzen, deren Pollen am ersten der schädlichen Einwirkung der Feuchtigkeit ausgesezt ist, gibt es ebenfalls mancherlei Vorrichtungen, um diese Einwirkung zu verhindern, indem die Befruchtung entweder auch in der noch geschlossenen Blüthe vor sich geht, oder die Stengel und Blüthenstiele während der Befruchtungsperiode sich über das Wasser erheben. Das erstere ist bei Wasserranunkeln und dem schwimmenden Froschlöffel (Alisma natans) beobachtet worden; das leztere findet bei den Seerosen (Nymphaea), den Laichkräutern (Potamogeton), Hottonien, Wasserschlauch-Arten (Utricularia) und den meisten übrigen Wasserpflanzen statt. Bei den Utricularien und der blasigen Aldrovande steigt die Pflanze vermöge ihrer zur Blüthezeit mit Luft erfüllten Blasen (vergl. S. 290) an die Oberfläche des Wassers, bei der Wassernuß (Trapa natans) sind es die stark angeschwollenen, mit zahlreichen Lufthöhlen versehenen Blattstiele, welche die auf dem Grunde gekeimten Pflanzen zur Blüthezeit an die Oberfläche des Wassers emporheben, bei der im südlichen Europa vorkommenden spiraligen Vallisnerie (Vallisneria spiralis), welche eine diöcische Pflanze und auf dem Grunde des Wassers festgewurzelt ist, rollen sich an der weiblichen Pflanze die anfangs in

dichten Schraubenlinien gewundenen Blüthenstiele auf und strecken sich so weit, bis die weibliche Blüthe den Wasserspiegel erreicht, wo sie sich öffnet; da aber die in kurzgestielten Köpfchen ganz nahe am Boden stehenden männlichen Blüthen ihren Pollen unmöglich auf die Narben der weiblichen bringen könnten, so löst sich der ganze, von einer Blüthenscheide umgebene Kopf los und steigt an die Oberfläche des Wassers, wo die kleinen Blüthenknöpfe sich trennen, um die weiblichen Blüthen schwimmen und indem sie sich hier erst öffnen, ihren Pollen auf dieselben gelangen lassen, deren Blüthenstiele nach geschehener Befruchtung sich wieder schraubenförmig zusammenwinden und ihre Frucht unter dem Wasser reifen.

Bei der Leichtigkeit, womit der Pollen, vorzüglich bei diklinischen Pflanzen durch den Wind, dann überhaupt durch die Insekten überall hin verführt werden kann, möchte es bei einigem Nachdenken scheinen, als wenn häufig eine Bestäubung der Narben einer Pflanze mit dem Pollen einer ganz verschiedenen Art und dadurch die Erzeugung von mancherlei Bastarden stattfinden müßte. Dem ist aber nicht so. Die Erzeugung von Bastarden kommt auf natürlichem Wege bei Gewächsen nur selten vor, da die Empfänglichkeit der Narbe für fremden Pollen durch mancherlei Umstände sehr erschwert scheint. Nur zwischen nah verwandten Arten ist es bis jezt bei manchen Gattungen, wie bei Wollkräutern (Verbascum), Tabacken (Nicotiana), Nelken (Dianthus), Passionsblumen (Passiflora) und einigen andern, geglückt, durch künstliche Bestäubung Bastarde zu erzeugen, wie man dann diese Methode in Gärten noch hauptsächlich zur Vervielfältigung der Varietäten gewisser Arten, z. B. der Aurikeln, anwendet. In der freien Natur scheinen in unserm Himmelsstriche manche Wollkraut- und Kratzkraut-Arten (Cnicus) besonders zur Erzeugung von Bastardformen geneigt zu seyn *); bei den meisten Pflanzen ist aber eine Bastarderzeugung weder im freien Zustande beobachtet, noch durch künstliche Bestäubung hervorgebracht worden. Diklinische Pflan-

*) Man vergl. *Chr. Jul. Guil Schiede*, de plantis hybridis sponte natis (Cassellis Cattorum, 1825), wo auch noch einige Bastardformen aus andern Gattungen beschrieben sind.

zen, von welchen man häufig nur die weiblichen zur Benutzung kultivirt, werden dagegen keine vollständigen Früchte mit Samen bringen, wenn ihre Narben nicht mit dem Pollen von männlichen Pflanzen derselben Art bestäubt werden. Daher darf man die männlichen Hanfpflanzen nicht ausraufen, bevor der Pollen verstäubt ist, wenn man den Hanfsamen gewinnen will; daher besteht jezt noch im Morgenlande der Gebrauch, die angebauten weiblichen Bäume der Dattelpalme durch die Blüthenkolben zu befruchten, welche man in den Wäldern von männlichen Pflanzen nimmt und an den kultivirten Pflanzen aufhängt *). Man hat Beobachtungen über Palmenarten, von welchen weibliche, in den Glashäusern gezogene Pflanzen jährlich blühten, aber keine Früchte brachten, bis man männliche Bäume mit ihnen zusammenbringen oder ihre Blüthen wenigstens künstlich mit dem Pollen einer männlichen Pflanze bestäuben konnte.

§. 208.

Nachdem die Pollenkörner auf die Narbe gebracht worden, auf welcher sie vermittelst einer von der leztern ausgeschwizten Feuchtigkeit und der dieselbe öfters bekleidenden Haare hängen bleiben, lassen sie ihren Inhalt austreten, der durch die Narbe aufgenommen und zu den Eichen im Eierstocke geleitet wird. Von der Nothwendigkeit dieser Zuleitung des Befruchtungsstoffes war man schon seit lange her überzeugt, aber die direkte Beobachtung der Art und Weise, wie dieselbe geschieht, blieb der neuern Zeit aufbewahrt. Zuerst hatte Amici bei mehreren Pflanzen entdeckt, das die schon früher (I, S. 331) erwähnten, aus den Pollenkörnern hervortretenden, röhrigen Schläuche durch die Narbe in die Höhle des Fruchtknotens eindringen; er betrachtete diesen Vorgang nun als ganz allgemein und nahm in allen Fällen auch eine Berührung der Pollenschläuche und der Eichen an. Adolph Brongniart verfolgte diese Entdeckung an einer grossen Anzahl von Pflanzen weiter **), sah überall die zarten Pollenschläuche

*) Dieses Verfahren wird von den Eingebornen und selbst von ältern Schriftstellern mit der Kaprifikation der Feigen verwechselt, von welcher es aber wohl zu unterscheiden ist.

**) Mémoire sur la génération et le developpement de l'embryon dans les végétaux phanérogames (Annales des sciences natur. 1827, Sept.

zwischen das Zellgewebe der Narbe mehr oder weniger tief eindringen, und zog daraus den Schluß, daß der Befruchtungsstoff des Pollens auf diesem Wege in das Zellgewebe der Narbe und des Griffels entleert und in den Intercellulargängen bis in die Höhlung des Eierstocks zu den Eichen geführt werde. Da er seine Beobachtungen an Pflanzen aus sehr verschiedenen Familien anstellte und immer dieselben Resultate erhielt, so mußte er nothwendig daraus schließen, daß die Befruchtung der phanerogamischen Pflanzen im Allgemeinen auf einer Zuleitung des Befruchtungsstoffes zuerst vermittelst jener Schläuche in die Intercellulargänge einer zu den Eiträgern sich hinziehenden (zuleitenden) Zellenmasse und dann vermittelst der leztern zu den Eichen selbst geschehe. Robert Brown, welcher die Art der Befruchtung bei verschiedenen Pflanzen, besonders aber bei Orchideen und Asclepiadeen weiter verfolgte*), war endlich so glücklich, nicht blos das Eindringen der Pollenschläuche (Fig. 344, A c) in die Narbe, sondern auch ihre Verlängerung bis zu den Eichen selbst (Fig. 344, B b) zu beobachten und sich zu überzeugen, daß es bei den genannten Familien keines zuleitenden Zellgewebes bedarf, sondern daß die Schläuche selbst bis zu den Eichen herabdringen und den befruchtenden Stoff an dieselben abgeben, wobei sich die Schläuche vom Pollenkorn sogar vollkommen ablösen und, sich aus sich selbst verlängernd, in die Höhle des Eierstocks herabsteigen. Diese sehr genauen und wohl keinem Zweifel unterliegenden Beobachtungen eines so zuverlässigen und unbefangenen Forschers lassen vermuthen, daß auch bei den übrigen phanerogamischen Pflanzen die Zuleitung des Befruchtungsstoffes zu den Eichen auf ähnliche Weise stattfinde und daß Ad. Brongniart bei seinen Untersuchungen entweder den Zeitpunkt, wo

---

p. 14 — 53. Octob. p. 145 — 172. Nov. p. 225 — 296). Ferner über die Befruchtungsweise der Orchideen und Cistineen das. 1831, Oktob. p. 113 — 130, und der Asclepiadeen, 1831, Novemb. p. 263 — 279. Uebersezt in Rob. Brown's vermischten Schriften. Bd. 4, S. 161 — 326. Bd. 5, S. 207 — 241.

*) Observations on the organs and mode of fecundation in Orchideae and Asclepiadeae 1831. Uebersezt in R. Brown's verm. Schr., Bd. 5, S. 117 — 193. Auch in allgem. bot. Zeit. 1832. I, S. 353 — 366. S. 378 — 382.

die Schläuche ihre vollständige Länge erreicht hatten, nicht getroffen oder auch die Massen der bis zu den Eichen bereits herabgedrungenen Schläuche selbst für das zuleitende Zellgewebe gehalten habe. Aus den Beobachtungen Rob. Brown's ergibt sich ferner für viele Arten aus den beiden genannten Familien eine Bestätigung der schon von Konrad Sprengel an einer großen Anzahl von Pflanzen gemachten Erfahrung, daß die Insekten bei der Befruchtung eine sehr wichtige Rolle spielen, indem mit ihrer Hülfe der Pollen auf die Narbe gebracht wird. In den Pollenschläuchen hat der Inhalt (nach R. Brown) ein anderes Ansehen als in dem noch unveränderten Pollenkorn, und nur bei einer sehr bedeutenden (300- bis 400maligen Linear-) Vergrößerung kann man in demselben ganz kleine Körnchen erkennen, welche in den Schläuchen mancher Pflanzen (wie schon Amici angegeben) eine kreisende Bewegung zeigen. Es ist daher zu vermuthen, daß der Inhalt der Pollenkörner auf seinem Wege zu den Eichen in den Schläuchen eine eigene Umwandlung erleidet und in eine weit feinere Flüssigkeit oder feinkörnigere Materie übergeht, als die ist, welche früher die Höhle des Pollenkorns erfüllt.*)

Die Nothwendigkeit einer Befruchtung bei phanerogamischen

---

*) Noch ist hier, mit Bezugnahme auf das früher (I, S. 532) schon Geäusserte, zu bemerken, daß die von mehreren Forschern behauptete, von andern, namentlich in neuester Zeit, wieder geläugnete, selbstständige Bewegung der Körnchen oder Bläschen des Polleninhaltes von Unger (Allgem. bot. Zeit. 1832, S. 713 — 717) als wirklich vorhanden angegeben wird. Er beobachtete nämlich an den runden oder ellipsoidischen Körperchen des Befruchtungsstoffes von der Roßmalve (Malva sylvestris) und mehreren andern Pflanzen Bewegungen, die bald fortschreitend, bald rückschreitend, bald nach der Seite gehend, bald wälzend waren, wobei die Körperchen im Wassertropfen auf- und untertauchten und „einem Heere von Monaden voll innerer Lebendigkeit, voll innerer in Bewegungen sich offenbarender Selbstbestimmung" glichen. Nach dem Eintrocknen wieder angefeuchtet, erlangten sie die Bewegungsfähigkeit nicht wieder; „eben so tödtete die geringste Quantität Alkohol alle Körperchen augenblicklich", und nicht die mindeste Spur von Bewegung wurde je wieder sichtbar. Diese lezten Umstände sprechen allerdings sehr gegen die Annahme einer bloßen Molekularbewegung, so wie überhaupt die sich widersprechenden Beobachtungen der verschiedenen Forscher beweisen, daß in dieser Hinsicht noch manche Zweifel zu lösen sind.

Pflanzen haben zwar schon manche Forscher der frühern und neuern Zeit, und unter den leztern namentlich L. C. Treviranus und Gärtner aus zahlreichen Beobachtungen nachgewiesen. Nachdem uns aber die von Ad. Brongniart und Rob. Brown angestellten Untersuchungen sogar den Weg kennen lehrten, auf welchem die Befruchtung wirklich stattfindet, ergibt es sich von selbst, was von den früher durch Spallanzani in Bezug auf diklinische Pflanzen angeregten und den später durch Schelver*) und Henschel**) ganz allgemein gegen die Lehre von der Befruchtung der Pflanzen erhobenen Zweifeln zu halten sey, da die Vermuthungen des Erstgenannten auf wenigen vereinzelten Thatsachen und zum Theil, wie es scheint, auf unrichtig aufgefaßten Beobachtungen, die Behauptungen der beiden Leztern aber nur mehr auf theoretischen Gründen und Hypothesen beruhen, welche durch eine unbefangene Beobachtung der Natur bei jedem Schritte widerlegt werden.

Es ist nicht blos eine allgemeine Erfahrung, daß eine erhöhte Temperatur und eine trockne Beschaffenheit der Atmosphäre im Allgemeinen dem Befruchtungsakte günstig sind, sondern man hat auch bei manchen Pflanzen während der Befruchtungsperiode eine bedeutende Wärmeentwicklung in den Blüthen wahrgenommen. Namentlich wird dieses von den Blüthenkolben der Aron-Arten angegeben, wobei sich (nach H. Schultz u. Göppert) derjenige Theil des Kolbens am meisten erwärmt, der die Staubgefäße trägt, so daß in diesen der Hauptsitz der Wärmeentwicklung zu seyn scheint.***)

---

*) F. J. Schelver, Kritik der Lehre vom Geschlechte der Pflanzen, 1812. Erste Fortsetzung, 1814. Zweite Fortsetzung 1825.

**) Von der Sexualität der Pflanzen; Studien von Dr. A. Henschel. 1820.

***) Lamarck und nach ihm De Candolle haben diese Zunahme der Wärme bei Arum italicum beobachtet, wo sie sich (nach dem Leztern) in jedem Kolben nur einmal einstellt, von 3 Uhr Nachmittags bis 7 Uhr währt, und gegen 5 Uhr den höchsten Grad erreicht. Sennebier fand bei Arum maculatum eine Erhöhung der Temperatur von 7° über die der Atmosphäre. Auch Schultes gibt an, daß er diese Erscheinung bei der genannten Art zehn Jahre hindurch wiederholt beobachtet habe, wobei der höchste Wärmegrad zwischen 6 und 7 Uhr Abends eintrat. H. Schultz fand den Blüthenkolben

Die Ursache dieser Wärmeerzeugung scheint (nach De Candolle) von der vermehrten Aufnahme des Sauerstoffs der Luft durch die Befruchtungsorgane herzurühren, indem durch die Verbindung der größeren Menge desselben mit dem Kohlenstoffe der Pflanze eine merkliche Temperaturerhöhung allerdings denkbar ist. Daß aber die Blüthen keinen Sauerstoff aushauchen, sondern denselben aus der Atmosphäre beständig aufnehmen und dafür an die leztere Kohlensäure abgeben, ist schon (S. 289) erwähnt worden, und nach den Beobachtungen von Theod. de Saussure verzehren die Staubgefäße von allen Blüthentheilen die größte Sauerstoffmenge*), so daß es nicht unglaublich wird, daß namentlich in diesen Organen, durch eine raschere Verbrennung des in demselben abgelagerten Kohlenstoffes, um die Zeit der Befruchtung ein bemerkbar erhöhter Wärmegrad erzeugt werden könne. Doch dürfen wir bei der Annahme eines solchen chemischen Processes nicht vergessen, daß derselbe nur durch die um diese Zeit in den Blüthentheilen aufs Höchste gesteigerte Lebensthätigkeit hervorgerufen werde.

Diese erhöhte Thätigkeit gibt sich auch in der Absonderung des Honigsaftes zu erkennen, welche bei den allermeisten Pflanzen am reichlichsten während der Befruchtungsperiode erfolgt und mit dem Schlusse derselben ihr Ende erreicht. Daß daher diese Saft-

---

eines Caladium pinnatifidum (ebenfalls zur Familie der Aroideen gehörig) um 5° wärmer als die Atmosphäre. Göppert beobachtete die Entwicklung freier Wärme an Arum Dracunculus, wo die wärmsten Blüthenkolben an den Staubbeuteln 13,5° mehr zeigten als die umgebende Atmosphäre. Die auffallendste Wärmeerhöhung fanden Humbert und Bory de St. Vincent an den Kolben von Arum cordifolium, auf Isle de France, wo die höchste Wärme mit Sonnenaufgang eintreten und bei einer Lufttemperatur von 19° bis auf 44° und selbst 49°, also um 25° bis 50° über die Luftwärme sich erheben soll.

*) De Saussure hat unter andern bei seinen vergleichenden Versuchen gefunden, daß die Befruchtungsorgane der Kapuzinerkresse und die Staubgefäße einer männlichen Kürbisblüthe innerhalb 24 Stunden das Sechszehnfache, der Blüthenkolben des gefleckten Arons das Dreißigfache seines Volumens an Sauerstoff verzehrte, während die ganze Blüthe der erstern nur 8,5mal, die Kürbisblüthe nur 7,6mal und die Blüthenscheide des Arons nur 5mal so viel Sauerstoff verschluckte, als ihr Volumen betrug.

absonderung in innigem Zusammenhange mit dem Befruchtungsgeschäfte stehe, ist gewiß nicht zu läugnen. Wie durch den Honigsaft die Insekten angelockt werden und eben dadurch in manchen Fällen, wo sonst die Bestäubung der Narbe durch den Pollen sehr schwer oder gar nicht geschehen könnte, unbewußt zur Erfüllung dieses Geschäftes beitragen, ist schon weiter oben angedeutet worden. Daß jedoch dieses nicht der alleinige Zweck der Honigabsonderung seyn könne, leuchtet wohl ein; ob aber dem Honigsafte eine materielle Beihülfe zur Einwirkung des Pollens auf die Narbe selbst zukomme, ob und wie weit seine Absonderung zur Ausbildung keimfähiger Samen nothwendig sey, darüber herrschen noch manche Zweifel. Daß die Honigausscheidung zur vollständigen Ausbildung der Früchte und Samen nicht unumgänglich nothwendig sey, hat J. G. Kurr*) auf eine überzeugende Weise dargethan und eben so über eine materielle Beihülfe des Nectars zum Befruchtungsgeschäfte sein auf eigene Beobachtungen gegründetes Bedenken erhoben. Da uns auch die Beobachtungen anderer Forscher, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, keine sichern Beweise für die unmittelbare Mitwirkung des Honigsaftes zu dem Befruchtungsprocesse liefern, so können wir wohl für jezt die Absonderung dieses Saftes nur mehr als eine vorbereitende und vielleicht nur aus der erhöhten Thätigkeit während des Befruchtungsaktes hervorgegangene Verrichtung betrachten, welcher aber bei der Vollführung dieses Aktes selbst keine weitere Rolle zugetheilt ist.

§. 209.

Wenden wir uns nun zu den kryptogamischen Gewächsen, so können wir bei allen dahin gehörigen Gefäßpflanzen (den Farnen, Ophioglosseen, Schafthalmen, Bärlappen, und Rhizokarpen) keine Befruchtung mit Gewißheit annehmen, da man bei denselben, wie schon früher (I, S. 332) angegeben worden, keine befruchtenden Organe kennt oder doch die von Manchen dafür ausgegebenen Theile, hinsichtlich ihrer physiologischen Verrichtung, noch sehr problematisch sind. Das Nämliche

*) Joh. Gottlob Kurr, Untersuchungen über die Bedeutung der Nectarien in den Blumen. Stuttgart, 1833.

gilt von den meisten kryptogamischen Zellenpflanzen (I, S. 333), nämlich von den Flechten, Algen und Pilzen.

Bei den Moosen und Lebermoosen dagegen, welche ausser ihren pistillähnlichen Fruchtanfängen noch mit deutlichen, an die Antheren der Phanerogamen erinnernden Schläuchen (I, S. 333—36) versehen sind, lassen uns mancherlei Erscheinungen mit ziemlicher Gewißheit auf eine wirklich stattfindende Befruchtung schließen. Man findet nämlich die ausgebildeten Befruchtungsschläuche immer zu der Zeit, wann die Fruchtanfänge sich zeigen; später sind sie entleert und zusammengefallen oder auch ganz verschwunden, gerade so wie es mit den Staubgefäßen der phanerogamischen Pflanzen zu geschehen pflegt. Besonders bei den Moosen und den mit getrennten Blättern versehenen Lebermoosen läßt sich diese bestimmte periodische Entwicklung der Schläuche wahrnehmen. Bei manchen mit Laubstengeln versehenen Lebermoosen scheinen dieselben zwar weniger eine bestimmte Zeit einzuhalten, und man kann sie z. B. bei einigen Marchantien und Riccien im Herbste und im Frühling oder Sommer antreffen; aber bei andern laubtragenden Lebermoosen ist ihr Erscheinen ebenfalls an eine bestimmte Zeit geknüpft, so zwar daß, wenn im Frühling die Früchte reifen, die Schläuche im Spätsommer oder Herbste des vorhergehenden Jahres zugleich mit den jungen Fruchtanfängen vorhanden sind.

Wenn es auch noch nicht gelungen ist, die Art und Weise zu erforschen, wie der befruchtende Inhalt der Schläuche auf den pistillähnlichen Fruchtanfang und zu dessen Fruchtkern gelangt, so spricht doch eben jenes Entleeren der Schläuche vor der Ausbildung der Frucht dafür, daß dieses geschehe. Bei den mit einem Laubstengel versehenen Lebermoosen aus den Gruppen der Marchantieen und Ricciеen, wo die eingesenkten Befruchtungsschläuche in oberflächliche Wärzchen und Stifte ausmünden, kann man aus diesen zu gewissen Zeiten milchartige Tröpfchen (Fig. 307, b α) hervortreten sehen, welche aller Wahrscheinlichkeit nach dazu bestimmt sind, auf den Fruchtansatz gebracht zu werden, wiewohl uns der Weg, auf welchem dieses geschieht, jezt noch verborgen ist. Von denjenigen Moosen, deren Befruchtungsschläuche getrennt von den Fruchtansätzen, auf verschiedenen Pflanzen vorkommen, die also diöcisch sind, tragen die mit den

pistillähnlichen Organen versehenen Pflanzen, nach wiederholten zuverlässigen Beobachtungen (von Bruch), niemals Früchte, wenn sich zwischen denselben oder in deren Nähe keine mit Befruchtungsschläuchen versehene Pflanzen befinden, während da, wo beiderlei Pflanzen beisammen wachsen, die Früchte durchgängig zur Ausbildung gelangen. Die gleiche Beobachtung wurde (von mir *) an dem, zur Gruppe der Marchantieen gehörigen, gewöhnlichen Mondbecher (Lunularia vulgaris) gemacht, welche Pflanze bei uns noch niemals mit ausgebildeten Früchten angetroffen wurde, obgleich dieselbe ein sehr freudiges Wachsthum zeigt, sich durch ihre grünen, in den mondförmigen Becherchen enthaltenen Brutknöspchen fortwährend vermehrt, und sogar mit jedem Frühling pistillähnliche Fruchtansätze, aber keine Befruchtungsschläuche bringt. In Italien dagegen, jedoch auch dort nur, wenn beiderlei Organe auf der genannten Pflanze vorkommen, bringt sie regelmäßig ihre Früchte zur Reife. Nach diesen Beobachtungen müssen wir, obgleich die direkte Nachweisung über den wahren Hergang der Sache uns noch mangelt, doch mit größter Wahrscheinlichkeit bei diesen mit zweierlei Befruchtungsorganen versehenen Pflanzen auch eine wirkliche, der Fruchtausbildung vorangehende Befruchtung voraussetzen. Dasselbe ist der Fall bei den Armleuchter-Arten (Chara), wo die rothen (schon von den ältern Schriftstellern mit Antheren verglichenen) Kügelchen (I, S. 336) immer nur mit den ersten Fruchtanfängen auftreten und lange vor der Fruchtreife verschwinden. Der Zeitpunkt, wo diese Kügelchen in ihre dreieckigen Klappenstücke zerplatzen und ihren schleimig-fädigen Inhalt austreten lassen, ist wohl hier zugleich derjenige der Befruchtung **).

---

*) Bemerkungen über die Lebermoose, vorzüglich aus den Gruppen der Marchantieen und Ricciеen (Acta Acad. Caes. Leop. Carol. Nat. Cur. Vol. XVII. P. II. p. 1012).

**) Ich muß hier an eine Beobachtung erinnern, welche ich an den aufgeplazten Kügelchen des steifborstigen Armleuchters (Chara hispida) gemacht und an einem andern Orte (in der ersten Lieferung meiner kryptogam. Gewächse, S. 13) mitgetheilt habe. Der schleimige Inhalt dieser Kügelchen zeigte nämlich ein Gewimmel von unzähligen, in beständiger zitternder und schwingender Bewegung befindlichen Körperchen, welche bei der geringen Vergrößerung, die

Bei den übrigen sporentragenden Zellenpflanzen ist, so wenig als bei den kryptogamischen Gefäßpflanzen, bis jezt die Gegenwart befruchtender Organe nachgewiesen. Demungeachtet dürfen wir nicht geradezu behaupten, daß denselben eine Befruchtung ganz und gar fehlen müsse. Auch bei den Moosen und Lebermoosen, wo diese Verrichtung jezt fast ausser allen Zweifel gesezt ist, hat man dieselbe vor noch nicht langer Zeit und selbst noch in unsern Tagen abläugnen wollen, und so manche in neuester Zeit im weiten Reiche der Natur gemachten Entdeckungen, die man vordem unter die Unmöglichkeiten zählte, mahnen uns, in unsern Aussprüchen über diesen Gegenstand höchst vorsichtig zu seyn, und wenigstens über die Möglichkeit

---

mein Mikroskop mir nur anzuwenden erlaubte, als kleine, mit einem Stielchen versehene kugelige Pünktchen erschienen, die zu mehreren (3 bis 6) vermittelst ihrer Stielchen zusammenhingen und durch die stete Veränderung ihrer gegenseitigen Lage die verschiedensten Figuren beschrieben. — Später haben Unger und Werneck (Allgem. bot. Zeit. 1834, S. 145—153) von den Bewegungen im Inhalte der Befruchtungsschläuche der Torfmoose (Sphagnum), worauf zuerst Fr. Nees v. Esenbeck (a. a. O. 1822. S. 33—36) aufmerksam gemacht hatte, eine genauere Beschreibung gegeben, woraus hervorgeht, daß bei dem Aufplatzen der völlig ausgebildeten Schläuche eine Menge von Körperchen hervortreten, an welchen man eine walzen- oder keulenförmige Hauptmasse, mit einem fadenförmigen, meist spiralig gewundenen Anhängsel unterscheidet, und die sich stundenlang mit größerer oder geringerer Lebhaftigkeit bald seitlich in Spiralwindungen, bald vor- oder rückwärts bewegen. Daß diese Bewegung nicht mit der in neuerer Zeit angenommenen, allgemeinen Molekularbewegung zu verwechseln, sondern wirklich eine selbstständige, mit derjenigen der Infusorien vergleichbare sey, halten die erstgenannten Beobachter nicht nur aus den vielseitigen Bewegungen selbst, sondern auch besonders noch daraus für erwiesen, daß die geringste Menge von Weingeist oder Säuren plötzlich alle Bewegung aufhebt. Sie betrachten deßwegen diese Körperchen geradezu als Samenthierchen, deren Länge nach Werneck nicht mehr als $\frac{15}{10000}$ Linie beträgt. — Wenn diese Bewegung der Bläschen in den Befruchtungsschläuchen als eine bei den mit lezteru versehenen Kryptogamen allgemein vorkommende nachgewiesen werden sollte, so könnte vielleicht in dieser Bewegungsfähigkeit selbst ein Hülfsmittel für den befruchtenden Stoff zu erkennen seyn, um auf die so häufig von den Befruchtungsschläuchen entfernten Fruchtansätze zu gelangen.

nicht abzusprechen, daß auch bei den übrigen kryptogamischen Pflanzen einst noch eine der Befruchtung entsprechende Funktion nachgewiesen werden könne *).

3. Von der Frucht- und Samenreife.

§. 210.

Wegen der großen Verschiedenheit, welche die phanerogamischen und kryptogamischen Pflanzen in der Ausbildung ihrer Pistille und Fruchtanfänge zur wirklichen Frucht darbieten, ist auch dieser Hergang bei einer jeden der genannten Klassen besonders abzuhandeln; da aber in Bezug auf die Kryptogamen das Wichtigste über die Ausbildung ihrer Fortpflanzungsorgane bereits (§. 77, 92 u. 93) mitgetheilt worden, so haben wir uns hier vorzugsweise mit den phanerogamischen Gewächsen zu beschäftigen.

Nach vollendeter Befruchtung tritt in dem Eierstock eine neue Thätigkeit ein. Der Saft, der vorher von allen übrigen Blüthentheilen gleichmäßig angezogen wurde, hört nun auf nach der Blume und den Staubgefäßen, und in vielen Fällen selbst nach dem Kelche zu fließen, indem er seinen Zug jezt allein oder doch vorzugsweise nach dem Eierstocke richtet. Daher sieht man bald nach der Befruchtung die Staubgefäße und Blume oder auch die ganze Blüthendecke verwelken, während der Eierstock mit seinen Eichen sich vergrößert. Es ist jedoch zum Auswachsen des Eierstocks nicht nöthig, daß alle Eichen befruchtet werden; bei vielen Pflanzen ist es sogar Regel, daß ein Theil der Eichen fehlschlägt, wo dann die allein oder zuerst befruchteten Eichen durch ihre rasche Vergrößerung die übrigen gleichsam ersticken. Bei der Eiche, Buche, zahmen Kastanie u. a. m. wächst von den sechs im Eierstocke vorhandenen Eichen gewöhnlich nur ein einziges zum Samen aus. Wie durch dieses Fehlschlagen eines

---

*) Ich darf hier nur an die zarten Schläuche erinnern, welche schon von Micheli bei Löcherpilzen (Boletus) und Blätterpilzen (Agaricus), ausser den Sporenschläuchen, aufgefunden und (Nova plant. genera p. 126 u. 133. Tab. 68, Fig. I, K, L, Tab. 73, Fig. C, D, E. Tab. 76, Fig. BB) von ihm als Staubfäden (filamenta) beschrieben und abgebildet wurden, deren Natur und Bestimmung aber bis jezt noch nicht weiter erforscht ist.

Theils der Eichen auch die Fächer des Eierstockes verschwinden können, ist schon an den eben genannten und mehreren andern Beispielen (I, S. 382) gezeigt worden. Es gibt sogar Fälle, wo alle Eichen fehlschlagen und der Eierstock dennoch zur Fruchthülle sich vergrößert, die dann bei manchen kultivirten Pflanzen nur um so schmackhafter wird. Dahin gehört unter andern die kernlose Spielart des Weinstocks (Vitis vinifera apyrena), welche die Korinthen oder kleinen Rosinen liefert, die zwar kleiner als die Beeren der übrigen Spielarten sind, aber doch dabei ihre Fruchthülle eben so gut zur Reife bringen. In andern Fällen sieht man dagegen bei den kultivirten Spielarten, deren Eichen zum Theil oder alle fehlschlagen, die Fruchthülle nur um so größer und fleischiger werden, wie bei der portugiesischen Quitte (Pyrus Cydonia lusitanica), bei manchen Birn- und Aepfelsorten, bei der Ananas (Bromelia Ananas) und dem Brodfruchtbaum der Freundschaftsinseln (Artocarpus incisa). Wie hier, so wächst auch oft bei noch andern Pflanzen der Eierstock zwar fort und erlangt die Größe der Frucht, ungeachtet seine Eichen nicht befruchtet wurden; aber er enthält dann keine oder nur taube Samen. Oefter sieht man jedoch bei nicht erfolgter Befruchtung den ganzen Eierstock fehlschlagen und vertrocknen oder abfallen, ohne sich vergrößert zu haben. Wenn während der Blüthezeit nasse oder kalte Witterung eintritt, wodurch die Befruchtung, wie (S. 442) bemerkt, gestört wird, so setzen bekanntlich die Pflanzen, z. B. die Getreidearten, der Weinstock und die Obstbäume, nur wenige Früchte an.

Von dem Zeitpunkte der Befruchtung an zieht die Frucht durch ihre eigene Thätigkeit den aufsteigenden Saft mit größerer Gewalt an sich als die Blätter, so daß bei krautigen Stengeln die untern Theile großentheils ihres Saftes beraubt werden und ihre Blätter verlieren. Dieser Saft wird nur in der Frucht selbst verarbeitet und bleibt in derselben zurück; daher dann auch die oft ausserordentliche Vergrößerung der Früchte, wie bei den kürbisartigen Pflanzen, beim Kern- und Steinobst u. a. m., so wie die eigenen Bestandtheile, welche gewöhnlich in den übrigen Organen der Pflanze nicht vorkommen, sich erklären lassen. Daß durch das Fruchttragen die Pflanze im Allgemeinen erschöpft

werde, läßt sich schon aus dieser starken Anziehung der Säfte schließen, und das allmälige Absterben der übrigen Theile bei krautigen Gewächsen während der Ausbildung, so wie der Tod der ganzen Pflanze bei ein- und zweijährigen, und der über dem Boden befindlichen Theile bei Staudengewächsen mit der Reife der Frucht, legen diese Erschöpfung der vegetativen Theile deutlich vor Augen.

Ueber die merkwürdigen Veränderungen, welche das Zellgewebe des Eierstockes bis zur Fruchtreife erleidet, ist schon bei Betrachtung des innern Baues des Pistills (S. 91) und der Frucht (S. 111) so ausführlich gesprochen worden, daß wir hier nichts mehr beizufügen wissen und daher auf das dort Gesagte verweisen können. Aus diesen Veränderungen, namentlich bei denjenigen Fruchthüllen, in welchen die Mittelschichte sich während der Fruchtreife in mehrere Zellenlagen von ganz abweichender Bildung und Konsistenz umwandelt, wie bei den Steinfrüchten, den steinfächerigen Beeren und dem Steinapfel (S. 98), können wir aber noch entnehmen, daß in dem Zellgewebe der Frucht, mehr als bei irgend einem andern Pflanzentheile, jede Zelle ihre eigene Thätigkeit besitze und bis zu einem hohen Grade unabhängig von den übrigen Zellen ihren Saft sich zubereiten könne, so wie, daß in der Frucht überhaupt die Lebensthätigkeit der Zellen höher gesteigert seyn müsse, wofür nicht blos der verschiedene Inhalt dieser Zellen, sondern besonders auch die ausserordentliche Verdickung und Erhärtung ihrer Wände in den Stein- und Nußschalen spricht, welche häufig die des festesten Holzes übertrifft, obgleich sie in diesen Schalen in einer verhältnißmäßig sehr kurzen Zeit zu Stande gebracht wird. Wenn die äussern Blüthentheile mit dem Eierstock innig verwachsen sind, wie bei dem Apfel, der Birne, den Doldenpflanzen u. v. a., so gehen dieselben auch mit in alle jene Veränderungen ein, welche die Fruchthülle erleidet, da schon in der Blüthe jede Grenze zwischen diesen Theilen verschwunden war, und daß auch sogar ursprünglich freie Blüthendecken gleiche Veränderungen wie die Fruchthüllen erleiden, indem sie mit in die Fruchtbildung eingehen, haben wir in mehreren Fällen (S. 100) gesehen.

In den dünnen hülsen- und kapselartigen Fruchthüllen, welche in ihrem Baue, vorzüglich aber in dem Vorhandenseyn

von Spaltöffnungen (S. 94 u. 95) noch mehr den gewöhnlichen Blättern sich nähern, sind auch im Allgemeinen die bis zur Fruchtreife eintretenden Veränderungen weniger auffallend und von der ursprünglichen Bildung der Fruchtblätter im Eierstocke minder abweichend. Wir sehen daher diese Fruchthüllen bei der Reife vertrocknen, und wenn sie auch im Ganzen oft fest und lederartig oder fast holzig erscheinen, so zeigen ihre Wände in der Regel doch nicht jene Verdickung und Erhärtung, wie in den Nuß- und Steinschalen. Obgleich vor der Reife zuweilen durch einen eigenen Inhalt ihrer Zellen von den gewöhnlichen Blättern sehr verschieden, wie bei der Bohne, der Bufbohne und der Zuckererbse, verlieren sie doch gewöhnlich diesen später wieder und gehen bei der Reife selbst in einen saftlosen, markigen oder ledrartigen Zustand über, wobei sie einen ähnlichen Farbenwechsel, wie die Blätter vor deren Abfallen im Herbste, durchlaufen. Wir sehen daher z. B. die Hülsen der Bohnen und Erbsen, die Schoten der meisten Kreuzblüthigen, die Kapseln der Tulpen und Kaiserkronen vor ihrem Absterben in Gelb und Orange, die häutigen Hülsen des Blasenstrauchs (Colutea) und der Kölreuterie, besonders aber die Kapseln der Spillbäume (Evonymus) in Roth und die bei der Reife ebenfalls trocknen Früchte des beerentragenden Taubenkropfs (Cucubalus baccifer us) in Schwarzblau übergehen. Gewöhnlich ist es nur die äussere, zunächst unter der Oberhaut befindliche, ursprünglich grüne Parenchymlage, welche diese Farbenveränderung erleidet, und nur selten sieht man die Klappen der aufgesprungenen Kapselfrucht auf der innern Fläche gefärbt, wie bei der gewöhnlichen Gichtrose (Paeonia officinalis), wo diese Fläche eine schöne rothe Farbe zeigt. Die grösste Verschiedenheit der Färbung tritt jedoch, wie bekannt, bei den fleischigen Fruchthüllen auf, wo sie entweder ebenfalls nur die Oberhaut und die äusserste Schichte des Parenchyms betrifft, wie bei den meisten Birnen- und Aepfelsorten, der Citrone, den rothen und blauen Traubensorten, der schwarzen und rothen Johannisbeere u. s. w., oder durch das ganze Parenchym sich verbreitet, indem sie bald mit der Farbe der Oberhaut übereinstimmend, wie in den Kirschen, den Mirabellen und Aprikosen, bald von dieser verschieden ist, wie in den Pflaumen,

Schlehen und Melonen. Bei dieser Färbung der Fruchthüllen ist noch das Auffallende, daß sie gar häufig derjenigen Farbe entspricht, mit welcher die Blätter der nämlichen Pflanzenart abfallen, insofern dieselben ihren normalen Farbenwechsel vollständig durchlaufen; wiewohl dabei der Ton der Farbe bei beiden nicht immer gleich, wie bei dem Himbeerstrauch, dem Weißdorn, dem Hirschkolben-Sumach, sondern häufig in der Fruchthülle gesättigter und dunkler erscheint, wie bei dem Brombeerstrauch, dem rothen Hornstrauch, dem gemeinen Hollunder und den blauen Trauben. Daß diese Uebereinstimmung jedoch nicht allgemein vorkomme, beweisen die mancherlei auch bei völlig erlangter Reife noch grünen Birnen-, Aepfel- und Traubensorten, ferner die mit verschiedenen Farben prangenden Kürbisse, wo man, neben mancherlei Tönen der grünen Farbe, auch noch Gelb, Orange und Weiß oft auf einer und derselben Fruchthülle sehen kann, so wie selbst schon die auf gelbem oder grünem Grunde roth gesprenkelten oder auf einer Seite ganz roth gefärbten Aepfel- und Birnsorten. Endlich zeigt sich noch eine auffallende Verschiedenheit in der Färbung der fleischigen Fruchthüllen darin, daß bei ihnen die Farbstoffe auch in den Zellen der Oberhaut enthalten sind, während die färbende Materie der Blätter in den allermeisten Fällen nur in der Mittelschichte zunächst unter der Oberhaut befindlich ist. Demungeachtet ist es nicht zu verkennen, daß auch die Farben der Fruchthüllen, welche eben so auf die ursprünglich grüne Farbe des Eierstocks folgen, in die nämlichen Farbenreihen gehören, wie die der Blätter und daher auch das Ergebniß einer ähnlichen Umwandlungsthätigkeit seyn müssen.

Der Inhalt der Zellen in dem Parenchym der fleischigen und saftigen Fruchthüllen, so wie in dem saftigen Fruchtbrei (S. 100), ist zwar bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden, wie schon der Geschmack und Geruch bezeugen; im Allgemeinen, lassen sich jedoch in dem Safte fleischiger Fruchthüllen, ausser einer größern oder geringern Menge Wassers, vorzüglich noch Zucker, Gummi, Pflanzengallerte, Emulsin, Aepfelsäure, äpfelsaurer Kalk, sammt den bemerkten Farbstoffen, als die überwiegenden Bestandtheile annehmen, wozu noch in vielen Fällen ein eigenthümlicher gewürzhafter Stoff (häufig ein flüchtiges Oel) kommt,

während in manchen Fruchthüllen auch Gerbestoff (z. B. in Aepfeln, Birnen, Quitten, Granatäpfeln), Citronensäure (in Citronen, Johanisbeeren, Heidelbeeren), Weinsäure (in den Trauben, Tamarinden, in den Früchten der Ananas), die leztere häufig in Gesellschaft von doppelt weinsaurem Kali (Weinstein) und weinsaurem Kalk, angetroffen werden. Dagegen soll (nach Berard) in allen saftigen Fruchthüllen das Stärkmehl durchaus fehlen.

Nicht bloß in den trocknen Fruchthüllen, wo man das allmälige Verschwinden der wässerigen Flüssigkeit ohne chemische Analyse verfolgen kann, sondern auch in den fleischigen Früchten läßt sich, bei einer genauern Vergleichung derselben im unreifen und reifen Zustande, eine relative Abnahme des Wassers nachweisen, wogegen im Allgemeinen während der Reife eine stete Zunahme der Zuckermenge stattfindet, wie alle unsere Obstsorten schon durch den Geschmack zu erkennen geben. Indessen bieten bei den verschiedenen Pflanzen die Fruchthüllen in der Art und Weise der Umwandlung der Stoffe, von der Befruchtung an bis zur Reife, eine große Verschiedenheit dar, und es läßt sich in dieser Beziehung keine allgemeine Regel erkennen; während z. B. in den Aprikosen und Birnen die Menge der Aepfelsäure gegen die Reife abnimmt, nimmt dieselbe in den Johannisbeeren, den Kirschen, den Pflaumen und Pfirsichen zu, wobei umgekehrt in den Erstgenannten das Gummi abnimmt, in den übrigen aber die Menge desselben sich vermehrt. Dabei zeigt die Erfahrung, daß auch der Boden, die Lage, die Witterung und Temperatur auf diese Umwandlung der Stoffe einen mächtigen Einfluß äussern. Ein nicht zu feuchter Boden, eine sonnige Lage, eine mäßig trockne Witterung und eine erhöhte Temperatur sehen wir nicht blos die Reife unserer Obstsorten beschleunigen, sondern auch die Erzeugung des Zuckerstoffes in denselben vermehren, wogegen eine anhaltend feuchte Witterung und niedrige Temperatur, neben einer spätern Reife, auch eine mehr wässerige Beschaffenheit der Früchte zur Folge haben. Und so gibt es noch der Wechselfälle gar mancherlei, die auf die Ausbildung der Fruchthülle fördernd oder hemmend einwirken, welche jedoch alle mit der allgemeinen Ernährung der Pflanze in näherer oder entfernterer Beziehung stehen. Ausser den erwähnten, die Frucht-

reife im Allgemeinen befördernden Verhältnissen, gibt es auch noch manche andere, theils natürliche, theils künstliche Mittel, welche eine mehr örtliche Einwirkung darauf äussern. So wirken Insektenstiche als Reizmittel auf die lokale Thätigkeit des Parenchyms der Fruchthülle und tragen dadurch zur Beschleunigung der Reife bei. Daher sehen wir die wurmstichigen Früchte immer früher reif werden als die übrigen. Da diese Wirkung der Insektenstiche sich nicht blos auf die eigentlichen Fruchthüllen, sondern überhaupt auf alle Theile erstreckt, welche mit in die Fruchthülle übergehen, so sieht man auch z. B. bei den Feigen, deren eßbarer, fleischiger Theil nur die verbreiterte, birnförmige Achse des Blüthenstandes oder das Blüthenlager (vergl. I, S. 246) ist, die Zeitigung beschleunigt, wenn dieselben vor der Reife von Insekten angestochen werden. Darauf gründet sich die sogenannte Kaprifikation des Feigenbaums, eine in Griechenland und Kleinasien gebräuchliche Operation, welche darin besteht, daß man fruchttragende Zweige von wilden Feigenbäumen abschneidet und auf die kultivirten Feigenbäume bringt. In den wilden Feigen findet sich nämlich immer die Feigengallwespe (Cynips Psenes *Lin.* oder Diplolepis Ficus Caricae *Latreille*) ein, welche dieselben ansticht, um ihre Eier hineinzulegen; die Feigen der kultivirten Bäume werden aber freiwillig von diesem Insekte nicht besucht. Dadurch nun, daß man Zweige mit den angestochenen Früchten eines wilden Baumes um die Zeit ihrer Reife auf einen zahmen Baum bringt, veranlaßt man die ausschlüpfenden Insekten, auf die noch unreifen Früchte des leztern zu fliegen und auch diese anzustechen, wo dann die angestochenen Feigen nicht nur früher reifen, sondern auch größer und süßer werden sollen. Doch fehlt uns über Manches bei dieser schon seit den ältesten Zeit üblichen Operation noch die nöthige Aufklärung *).

*) Auf keinen Fall darf man diese Operation mit der (S. 445) erwähnten, im Morgenlande gleichbenannten, künstlichen Befruchtung der Dattelpalmen verwechseln. Daß die Kaprifikation der Feigen nicht die Befruchtung, sondern nur die frühere Reife und größere Schmackhaftigkeit derselben bezwecke, beweist die Angabe von A. Russel (Nat. Geschichte von Aleppo, übers. von Gmelin, I. S. 108), wornach die Gärtner in Kleinasien diese Operation zuweilen mit Erfolg nachahmen, indem sie mit einer in Oel getauchten Nadel in die Feigen stechen.

Ein weiteres Mittel, nicht blos die Fruchtreife zu beschleunigen, sondern überhaupt auch das Fruchttragen zu befördern und die Güte der Früchte zu vermehren, haben wir schon in dem früher (S. 295) beschriebenen Ringelschnitte kennen gelernt, wobei nämlich der über der entrindeten Stelle am Zurückfließen verhinderte Rindensaft genöthigt wird, oberhalb dieser Stelle zu verweilen und in größerer Menge in die Früchte überzugehen, in welchen dadurch eine reichlichere Ernährung und in deren Folge eine vollständigere und frühere Ausbildung bewirkt wird. Eben so wird man eine vollkommenere Ausbildung der Früchte erzielen, wenn man in den Fällen, wo ein Baum eine zu große Menge von Früchten angesezt hat, einen Theil derselben vor der Reife ausbricht, damit den zurückbleibenden der Nahrungssaft reichlicher zuströmen könne. Endlich lehrt die Erfahrung, daß Früchte, welchen man einen wärmeleitenden Körper, z. B. einen flachen Stein, zur Unterlage gibt, oder welche auch nur in der Nähe eines solchen Körpers sich befinden, schneller reifen und schmackhafter werden, als ohne dieses Mittel unter sonst gleichen Verhältnissen. Darum legt man in manchen Gegenden, wo Weinbau getrieben wird, mit dem günstigsten Erfolge, den Trauben gegen die Zeit der Reife Schieferplatten oder flache Steine unter, um ihre Reife zu beschleunigen und zugleich ihre Güte zu vermehren; darum sieht man auch auf den an Mauern an der Sonnenseite gezogenen Spalierbäumen die Früchte größer und schmackhafter werden und früher zur Reife gelangen, als auf hochstämmigen, im freien Lande stehenden Bäumen derselben Art.

Abgesehen von den verschiedenen äussern Einflüssen, welche eine Beschleunigung oder Verzögerung der Fruchtreife bei der nämlichen Pflanzenart herbeiführen können, ist die Zeit von der Befruchtungsperiode bis zur Reife bei verschiedenen Pflanzen, je nach der eigenthümlichen Natur derselben, sehr verschieden. Weder die Größe der Frucht im Verhältniß zu der sie tragenden Pflanze, noch die frühere oder spätere Blüthezeit gibt uns für die Zeitigungsdauer einen Maßstab. Die großen Früchte der Gurken, Kürbisse, und Melonen reifen in weit kürzerer Zeit als z. B. die Aepfel, Birnen und Weintrauben, und wenn auch manche spätblühenden Pflanzen ihre Früchte in kürzerer Zeit reifen als solche, die früher blühen, so gibt es doch

auch viele, welche das umgekehrte Verhältniß zeigen, indem z. B. die frühblühenden Gräser zum Theil ihre Früchte in kürzerer Zeit zur Reife bringen als die spätblühenden; das gemeine Zittergras (Briza media), welches früh im Mai blüht, braucht nur 16 Tage, die kammgrasartige Spartine (Spartina cynosuroides), Ende August blühend, dagegen 52 Tage bis zur Fruchtreife; die frühblühende Traubenkirsche (Prunus Padus) reift ihre Früchte nach 2 Monaten, während die viel später blühende Kastanie (Castanea vesca) 6 Monate dazu nöthig hat. Bei manchen Bäumen, wie bei den meisten Zapfenbäumen, bei mehreren nordamerikanischen Eichen, bei den neuholländischen Eisenmaßbäumen (Metrosideros), reifen die Früchte erst im folgenden Jahre nach der Blüthe; die Ceder (Pinus Cedrus) braucht sogar zwei Jahre von der Blüthezeit bis zur Fruchtreife.

Viele Früchte, besonders fleischige, können, nachdem sie ihre völlige Größe erreicht haben, auch von der Mutterpflanze getrennt, ihre Reife vollenden, welche alsdann sogar oft früher eintritt. Sie können in diesem Falle, da kein weiterer Zufluß von unverarbeitetem Safte statt hat, den bereits aufgenommenen Saft desto leichter verarbeiten und dadurch schneller zu ihrer völligen Ausbildung gelangen. Früchte mit dünnen, trocknen Fruchthüllen können, da sie den nöthigen Säftevorrath nicht besitzen, auch nicht auf gleiche Weise für sich ihre Reife vollenden; wenn sie indessen einem Blüthenstande mit sehr verdickter Spindel angehören, wie die Früchte vieler Korbblüthigen, so kann diese Spindel, wenn sie mit den Früchten zugleich von der Pflanze getrennt worden, die Rolle der fleischigen Fruchthülle übernehmen und aus dem in ihr angehäuften Nahrungsvorrathe die Früchte bis zur völligen Reife erhalten. Diese Fälle geben den Beweis, daß die Frucht sich in gewissem Grade selbstständig ausbilden könne; da sie aber mit der Pflanze verbunden, dieser immer bis zur völligen Reife Saft entzieht, welcher nicht blos aus der Erde, sondern auch von den bereits im Zellgewebe abgelagerten und für die Triebe des künftigen Jahres bestimmten Nahrungsstoffen genommen wird, so leuchtet ein, daß ein zu langes Hängenbleiben der spätreifenden Früchte auf den Obstbäumen einen nachtheiligen Einfluß auf das Fruchttragen derselben für das kommende

Jahr äussern könne, besonders wenn sie eine sehr reiche Fruchternte geliefert haben. Bei den krautigen, namentlich den einjährigen und zweijährigen Pflanzen ist es sogar augenscheinlich, daß dieselben eine geraume Zeit vor der Fruchtreife weit weniger Feuchtigkeit aus der Erde aufnehmen als früher, und daß sie daher vorzüglich die in ihren Wurzeln und Stengeln angehäuften Nahrungsstoffe zur Ausbildung ihrer Früchte verwenden. Die Halme der Getreidearten findet man an ihrem Grunde schon ganz ausgetrocknet, bevor noch die Körner in den Aehren reif sind und auch bei vielen andern Pflanzen sieht man zur Zeit der Fruchtreife die Stengel am Grunde wie abgestorben, während sie nach oben noch frisch und grün sind; lauter Beweise, daß die Früchte auf Kosten der bereits in der Pflanze vorhandenen Nahrungsstoffe sich ausbilden. Daraus erklärt es sich auch, warum die Früchte der weißen Lilie und mancher andern Zwiebelgewächse leichter reifen, wenn man bald nach der Blüthezeit den ganzen Stengel abschneidet und aufhängt. Es erhalten dann die Früchte alle in dem Stengel angehäuften Nahrungsstoffe, die sonst zum größten Theil von der zahlreichen, aus dem unterirdischen Stocke hervorgehenden Zwiebelbrut verbraucht und der Frucht entzogen werden.

Nach der Reife erleiden die trocknen Fruchthüllen bis zur Entleerung der Samen keine merkliche Veränderung mehr; die fleischigen Fruchthüllen sieht man aber, wenn sie nicht sehr dick und wenig saftreich waren, wie bei der Mandel und Wallnuß, vertrocknen, während die dickern und saftigern meist nach der Trennung von der Mutterpflanze in Fäulniß übergehen. Viele lassen sich jedoch auch längere Zeit aufbewahren, bevor sie faulen, und bei manchen geht der Fäulniß noch ein eigener Zustand voraus, wobei das Fruchtfleisch eine weichere, teigige Konsistenz, verbunden mit einem milderen, häufig säuerlichen Geschmack annimmt und welchen man daher das Teigseyn nennt*). Zu

*) Die in diesen Zustand übergegangene Frucht wird in den verschiedenen Gegenden Deutschlands verschieden benannt. In Süddeutschland und in der deutschen Schweiz führt sie im Allgemeinen den Namen teige Frucht; aber in der Gegend des Mittelrheins wird sie als morsche Frucht bezeichnet, während sie in Norddeutschland mulschige oder vermulschte Frucht genannt wird.

den Früchten, welche vorzüglich zum Teigwerden geneigt sind, gehören die Birnen, von denen namentlich die früher reifenden Sorten sehr leicht in diesen Zustand übergehen, dann die Mispeln (von Mespilus germanica) und die Früchte der zahmen Ebereschе oder des Sperberbaums (Sorbus domestica), die sogenannten Spierlingsbirnen. Die beiden leztern, welche vor und bei der Reife äusserst herb sind, werden sogar erst dadurch genießbar, daß man dieselben längere Zeit liegen und teig werden läßt. Die Hagebutten der wilden Rosen gehen auf ihrer Mutterpflanze gegen den Frühling in einen teigen Zustand über, wo sich ihr frühерer, herber Geschmack in einen angenehmen, säuerlich-süßlichen verwandelt hat. Selbst die wegen ihrer ausserordentlichen Herbe ungenießbaren Früchte des Schlehendorns (Prunus spinosa) können, nachdem sie durch einen darüber gegangenen Frost teig geworden, genossen werden. Auch die gemeinen Haberschlehen, von der Kriechenpflaume (Prunus insititia), werden erst schmackhaft, nachdem sie durch Abliegen mehr oder weniger in einen teigen Zustand übergangen sind. Das Nämliche ist der Fall mit den Früchten der italienischen Dattelpflaume (Diospyros Lotus), eines in Südfrankreich, Italien und Nordafrika wachsenden Baumes. Da sich alle hier genannten Früchte durch einen bedeutenden Gehalt an Gerbestoff auszeichnen, so scheint es, daß das Teigwerden in einer gewissen Beziehung mit diesem Bestandtheile stehe, der dabei gänzlich umgewandelt wird, während (nach Berard) bei dem Uebergang in den teigen Zustand auch eine Verminderung des Gehaltes an Wasser, Zucker und selbst an Zellstoff, dagegen eine Zunahme an Aepfelsäure und Gummi wahrgenommen wird.

§. 211.

In den Eichen des Eierstockes treten nach der Befruchtung ebenfalls auffallende Veränderungen ein, welche, so weit dieselben die äussere Bildung und den innern Bau der verschiedenen Theile des Eichens und Samens betreffen, bereits (I, S. 362—365, S. 397—411. II, S. 102—109) ausführlicher beschrieben wurden. Es bleibt uns daher nur noch Einiges über die dabei stattfindenden physiologischen Verrichtungen nachzutragen.

Das befruchtete Eichen empfängt seine Nahrungsflüssigkeit aus dem dasselbe einschließenden Fruchtblatte, und zwar entweder vermittelst des Nabelstranges oder, wenn dieser fehlt, unmittelbar aus der Naht oder überhaupt aus der Stelle, welcher es aufsizt und die daher auch Ei- oder Samenträger genannt wird.

In den Eihäuten, welche sich zur Samenhülle ausbilden, werden meist sehr viele erdige Stoffe abgesezt, welche in die Substanz selbst der oft sehr verdickten Zellenwände eingehen (S. 233) und die Festigkeit und trockne Konsistenz der Samenschale der meisten Samen bewirken. Selten bleibt die Oberhaut oder die äussere Lage der Samenschale bis zur Reife saftreich und fleischig in einigen Früchten mit saftiger oder fleischiger Fruchthülle, wie in den Aepfeln, Quitten, Krausbeeren und Granatäpfeln, wo sie aber doch nach dem Herausnehmen aus der Frucht sehr bald eintrocknen. Ueberhaupt sind die Umwandlungen der im Eichen vorhandenen Theile bis zur Samenreife noch mannichfaltiger und weiter gehend als die Veränderungen, welche das Fruchtblatt des Eierstocks bis zur Fruchtreife erleidet. Im Samen und namentlich in der Samenhülle ist es meist sehr schwer, die ursprünglichen Eihäute wieder herauszufinden, und auch die verschiedenen (S. 364) angegebenen Richtungen entstehen erst während des Auswachsens des Eichens, indem dasselbe anfänglich immer geradläufig ist.

In den innern Häuten des Eichens, welche nicht in die Samenhülle eingehen, behält das Zellgewebe seinen flüssigen Inhalt längere Zeit bei. Sobald einmal der Keim sich zeigt, welcher immer erst nach der Befruchtung erscheint, saugt derselbe aus dem ihn zunächst umgebenden Zellgewebe die Flüssigkeit auf und bildet sich weiter aus. Merkwürdig ist es dabei, daß meist sehr bald der ihn mit dem Keimsack verbindende Faden (S. 365) verschwindet, worauf der Keim ohne bemerkbaren organischen Zusammenhang mit der Eihöhle sich ernährt und fortwächst und darin schon sehr früh sein selbstständiges Leben zu erkennen gibt. Wenn der Keim alle Flüssigkeit aus dem Zellgewebe des Eikerns aufsaugt, so fällt dasselbe zusammen und wird von dem endlich die ganze Samenhöhle ausfüllenden Keime nach allen Seiten

zurückgedrängt und in Form einer oft sehr dünnen Haut (Kernhaut, I. S. 401 II. S. 106) zusammengepreßt; wenn aber der Keim nicht allen Zellensaft des Eikerns verbraucht, sondern einen Theil desselben zurückläßt, so wird dieser Saft dann zum Eiweiß (a. a. O.), welches den von dem Keime nicht ausgefüllten Raum der Samenhöhle einnimmt.

Nicht allein im Zellgewebe des Eikerns, sondern auch in dem des Keimes besitzt der Zellensaft, wie in den übrigen jüngern Pflanzentheilen, anfangs eine sehr wässerige Beschaffenheit. Später wird er erst zuckerhaltig und schleimig, wie man sich z. B. bei den halbreifen Samen der Erbsen schon durch den Geschmack überzeugen kann, und geht dann allmälig in Stärkmehl, Oel und Emulsin über, so daß bei der völligen Reife der Samenkern keine wässerigen Stoffe mehr enthält, sondern aller Inhalt seiner Zellen zu einem festen Zustande gleichsam erstarrt ist; und wenn auch noch eine flüssige Substanz zwischen den festen Stoffen vertheilt zurückbleibt, so ist dieselbe doch nicht wässeriger Natur, sondern ein fettes oder flüchtiges Oel. Aus der schon früher (S. 107 — 109) gegebenen Beschreibung des Zelleninhaltes im Eiweiß und Keime ergibt sich, daß Stärkmehl und Oel die hier bei weitem am häufigsten vorkommenden Stoffe sind. Da diese Stoffe in der reifen Fruchthülle höchst selten und das Stärkmehl (wenigstens in den fastigen Fruchthüllen nach Berard) gar nicht vorkommen, so folgt schon hieraus, daß in dem Eichen während der Zeitigungsperiode eine ganz eigene, von der der Fruchthülle sehr verschiedene Thätigkeit waltet, die aber in Bezug auf die Umwandlung der Nahrungsflüssigkeit wieder mehr mit derjenigen übereinstimmt, welche in andern Theilen, z. B. in den Wurzeln, Knollen und Zwiebeln, der Anhäufung der festen Nahrungsstoffe für eine künftige Vegetationsperiode vorsteht.

Sowohl in der Umwandlung der zarten Eihäute zur derben und harten Samenhülle als auch in dem Uebergange des flüssigen Inhaltes des Samenkerns in den festen Zustand müssen wir eine weise Vorrichtung erkennen, um den Samen geschickt zu machen, den äussersten Wechsel der Temperatur und sonstiger äusserer Einflüsse zu ertragen. Durch diesen Zustand wird es dem im Samen eingeschlossenen Keime möglich, nicht nur einer bedeutenden Kälte zu widerstehen, ohne zu erfrieren, sondern auch eine große

Hitze zu ertragen, ohne auszutrocknen, und so unter den ungünstigsten Witterungsverhältnissen sein schlummerndes Leben bis zum bestimmten Zeitpunkte seiner Entfaltung zu bewahren.

Wie jedoch in manchen Fällen bei nicht erfolgter Befruchtung und während alle Eichen fehlschlagen, dennoch die Fruchthülle sich vergrößert und zur Reife gelangt, so fehlt es auch nicht an Beispielen, wo in diesem Falle auch die Eihäute zur Samenhülle auswachsen, welche dann entweder einen aus bloßem Eiweiß bestehenden Kern, ohne Keim, enthält — unfruchtbarer, kraftloser Same —, oder, was häufiger geschieht, ohne allen Kern und im Innern hohl ist — leerer, tauber oder Windsame. Oft werden in der nämlichen Frucht, neben den vollständig ausgebildeten, auch solche mangelhafte Samen angetroffen, die von den unbefruchteten Eichen herrühren und den Beweis liefern, daß die Samenhülle, deren Anlage schon durch eine bloß vegetative Thätigkeit bedingt war, sich auch noch allein vermöge dieser Thätigkeit weiter ausbilden, der Keim aber nur aus einer reproduktiven, erst durch den Befruchtungsakt geweckten Thätigkeit hervorgehen und in deren Folge zur Ausbildung gelangen könne.

Wie ferner die Fruchthülle in manchen Fällen, wenn sie vor der Reife abgenommen worden, getrennt von der Mutterpflanze sich noch vollends ausbilden kann, so können auch die Samen in der vor der Reife von der Mutterpflanze abgelösten Frucht noch vollkommen reif werden. Sie erhalten dann aus der Fruchthülle und namentlich aus der sie tragenden Naht oder überhaupt aus dem Samenträger den Saft, der zu ihrer völligen Reife nöthig ist, wenn sie nicht schon so weit ausgebildet waren, daß sie bloß noch ihren bereits vorhandenen flüssigen Inhalt in die festen Stoffe ihres Gewebes umzuwandeln haben, was sie ohne Zweifel ohne die weitere Mithülfe der Fruchthülle zu bewerkstelligen vermögen. Daß bei den Blüthenständen mit verdickter Spindel diese leztere die ohnehin meist dünne und trockne Fruchthülle in der unmittelbaren Ernährung des Samens ersetzen und nach der Trennung von der Mutterpflanze die vollständige Ausbildung desselben bewirken könne, ergibt sich schon aus dem, was weiter oben darüber in Bezug auf die Früchte selbst gesagt worden.

Wie endlich schon die Zahl der in einem Eierstock ursprünglich vorhandenen Eichen bei verschiedenen Pflanzen höchst verschieden ist, so muß auch in der Menge der Samen bei den Früchten verschiedener Pflanzenarten um so mehr ein überaus großer Unterschied angetroffen werden, als ihre Zahl, wegen des häufigen Fehlschlagens eines Theils der Eichen, selten mit der Zahl der leztern übereinstimmt. Wir sehen daher von den Früchten der Gräser, der Korbblüthigen, der Eiche, Haselnuß, Buche und eßbaren Kastanie an, welche nur einen einzigen Samen zur Reife bringen, die Zahlenverhältnisse gesteigert bis zur Kapsel des Gartenmohns, in welcher Grew 8000 Samen gezählt hat, und noch weiter bis zur Frucht der Vanille, in welcher sich die Zahl der äusserst kleinen Samen über 25000 belaufen soll. Hieraus läßt sich ermessen, wie das Maaß der Samenerzeugung bei einer ganzen Pflanze sich steigert, welche viele solcher reichsamigen Früchte trägt, z. B. bei einer Tabacks-pflanze, wo Joh. Ray die Gesammtzahl der Samen auf 360,000 berechnet hat. Noch größere Zahlenverhältnisse ergeben sich für die Sporen mancher kryptogamischen Gewächse. Wenn wir den gemeinen Tüpfelfarn oder das Engelsüß (Polypodium vulgare) als Beispiel wählen, so können wir unter einer mäßigen Vergrößerung des Mikroskopes etwa 40 Sporen in jedem der beringten Sporenbehälter zählen; in einem Fruchthäufchen lassen sich im Durchschnitte 30 Sporenbehälter annehmen, wornach 1200 Sporen auf ein solches Häufchen kommen; da nun ein einzelnes Blatt von einer kräftigen Pflanze dieses Farns auf seiner Rückenfläche wenigstens 200 Fruchthäufchen trägt, so können 240,000 Sporen für ein Blatt angenommen werden; daraus folgt aber, daß eine Pflanze, wenn sie in einem Sommer fünf fruchttragende Blätter bringt, 1,100,000 Sporen erzeugen kann. Noch größer muß jedoch die Zahl der Sporen bei vielen andern Farnen seyn, z. B. bei dem männlichen Schildfarn oder Wurmfarn (Aspidium Filix mas) oder gar bei den meisten Baumfarnen, wo die fruchtragenden Blätter nicht nur eine weit größere Menge von Fruchthäufchen tragen, sondern auch selbst in größerer Anzahl vorhanden sind.

3. Von der Aussaat.

§. 212.

Nach der Reife trennt sich entweder die ganze Frucht von der Mutterpflanze und fällt vermöge einer gliederartigen Einlenkung, gleich den Blättern der blattwechselnden Bäume und Sträucher, ab, wie die meisten mit einer fleischigen und saftigen, so wie die mit einer trocknen, geschlossen bleibenden Fruchthülle versehenen Früchte, oder sie öffnet sich vor der Trennung von der Mutterpflanze und läßt ihre Samen ausfallen, wie die Mehrzahl der früher (I, S. 388) beschriebenen kapselartigen Früchte. Nach den Gesetzen der allgemeinen Schwere müßte das Abfallen der Früchte und das Ausfallen der Samen in senkrechter Richtung geschehen, wodurch aber die Saat nie weiter gelangen würde, als die äussersten Zweige der Pflanze reichen, so daß von einem Baume, dessen Samen alle zur Keimung gelangten, die ganze Nachkommenschaft unter seinem eigenen Schatten ersticken müßte. Es waren daher Vorkehrungen nöthig, um bei der Aussaat die Früchte und Samen von der senkrechten Richtung abzulenken und in einer gewissen Entfernung von der Mutterpflanze zu zerstreuen.

Das allgemeinste Mittel zu dieser entfernteren Ausstreuung ist die Bewegung der Luft. Schon die gewöhnlichen Winde können den Fall der Früchte und Samen von der senkrechten Richtung ablenken, und die Stürme, die namentlich im Herbste herrschen, wo viele Pflanzen erst ihre Früchte gereift haben, können dieselben durch das Schütteln der Zweige fortschleudern und weit umher verbreiten. Dazu kommt noch, daß sehr viele Samen und Früchte mit häutigen Flügeln, mit Haarschöpfen, Fruchtkronen und andern Anhängseln und Ausbreitungen, oft von den bleibenden Blüthendecken herrührend, versehen sind, wodurch es dem Winde möglich wird, dieselben an sehr entlegene Orte zur Aussaat zu führen; wobei wir unter andern nur an die Flügelfrüchte der Ulmen und Ahorne, an die fruchtkronigen Achänen der Korbblüthigen und Scabiosen, an die geflügelten Samen der Fichten und Birken und an die haarschopfigen Samen der Asklepiadeen, der Weiden und Pappeln erinnern wollen.

Bei den aufspringenden, meist mit trockner Fruchthülle ver-

sehenen Früchten geschieht das Oeffnen gewöhnlich in Folge des völligen Austrocknens, wodurch die Fruchthülle in ihren Nähten auseinander geht und die Samen blosgelegt werden, welche nun entweder durch ihre eigene Schwere ausfallen oder durch die vom Winde verursachte Erschütterung zum Ausfallen gebracht werden. Häufig wird das Ausstreuen der Samen auf eine gewisse Entfernung von der Mutterpflanze auch schon durch ein plötzlich und mit Schnellkraft erfolgendes Aufspringen der Fruchthülle bewirkt, wie bei den Balsaminen (Impatiens Balsamina, I. Noli tangere) und dem Spring-Schaumkraut (Cardamine Impatiens), wo die Klappen der Fruchthülle beim Aufspringen sich rasch einrollen oder drehen und dadurch eine Erschütterung der Samenträger bewirken, vermittelst deren die Samen ausgeworfen werden; dann bei den Euphorbiaceen, z. B. bei den Wolfsmilch-Arten (Euphorbia) und dem Bingelkraute (Mercurialis), wo die Kapseln in ihre einzelnen Fruchtblätter zerfallen, die selbst wieder mit Gewalt in zwei Hälften zerspringen und dadurch die Samen auf eine bedeutende Strecke fortschleudern. Schon bei dem gemeinen Springkraute oder der kreuzblättrigen Wolfsmilch (Euphorbia Lathyris) geschieht dieses Zerplatzen der Fruchthülle und das Fortschleudern der Samen mit einem leicht hörbaren Geräusche; bei dem zu derselben Familie gehörigen Sandbüchsenbaum (Hura crepitans) ist es aber jedesmal mit einem starken Knalle verbunden und einer wahren Explosion vergleichbar, wobei die scharfen und spitzigen Stücke der geplatzten Fruchthülle, nebst den Samen nach allen Richtungen auf viele Schritte weit fortgeschleudert werden. Bei dem weißen Diptam (Dictamnus albus) und andern zur Familie der Rutaceen gehörigen Pflanzen findet etwas Aehnliches statt, nur daß die äussere Schichte der Fruchtblätter auf der Pflanze zurückbleibt, während die innere, mehr erhärtete Schichte nach Art der Wolfsmilchfrucht mit Elasticität hervorbricht und zugleich die Samen auswirft. Auch bei den Storchschnabel-Arten (Geranium) und den andern Geraniaceen (Erodium, Pelargonium etc.) lösen sich die Fruchtblätter mit einer gewissen Schnellkraft unten von dem Mittelsäulchen los, indem ihr schnabelförmiges Ende sich nach oben zurückrollt oder spiralförmig dreht, wobei die Samen entweder aus dem geöffneten

Fruchtblatte ausgeworfen werden (bei Geranium) oder auch die ganzen Früchtchen, deren Schnäbel dann mit langen, starren Haaren gleich einer Fahne besetzt sind, von dem Winde fortgetrieben werden (bei Erodium u. Pelargonium). Bei den Sauerklee-Arten (Oxalis), wo die Klappen der Kapseln nur in schmalen Längsspalten auseinander weichen, werden die eben aus den Spalten hervortretenden Samen durch ihren elastisch aufspringenden und sich zurückschlagenden Samenmantel fortgeschnellt.

Andere das Ausfallen und Umherstreuen der Samen und Früchte begünstigende Vorrichtungen kommen auch bei vielen Pflanzen vor, deren Fruchthüllen bei der Reife nicht aufspringen. An den Zapfen der Fichten, deren verholzende Schuppen zwar die schon zur Blüthezeit offenen Fruchtblätter selbst darstellen, die aber vor der Reife wie Dachziegeln so fest aufeinander liegen, daß kein Same herausfallen kann, treten bei der Reife diese Schuppen auseinander und gestatten so den meist großflügeligen Samen das Ausfallen oder machen es wenigstens dem Winde möglich, dieselben herauszuwehen und fortzuführen. In dem zapfenähnlichen Fruchtstande mancher Proteaceen (der in Südafrika einheimischen Protea-, dann der neuholländischen Isopogon-Arten), werden die schuppenförmigen Deckblätter durch die bei der Reife sich auseinander breitenden starren Haare der von jenen bedeckten Nüßchen noch weiter auseinander gedrängt und so die Ausstreuung der leztern befördert. Etwas Aehnliches kommt aber auch schon bei manchen Korbblüthigen, besonders bei den distelartigen (aus der Gruppe der Cynareen) vor, deren gemeinschaftliche Hülle bei der Fruchtreife sich nicht ausbreitet. Bei diesen Pflanzen spreizen sich nämlich die meist starren Haare der Fruchtkronen auseinander und heben so, auf die borstig zerspaltenen Spreublättchen der Achse des Körbchens sich stützend, die Früchte in die Höhe, welche nun durch den Wind vollends herausgehoben und fortgeweht werden.

Wenn wir so selbst ziemlich schwere Samen von phanerogamischen Pflanzen oft weit umher verstreuet sehen, so leuchtet um so mehr ein, wie die staubfeinen Sporen der Kryptogamen durch den Wind in die Höhe gehoben, lange Zeit in der Luft schwebend gehalten und zu den entlegensten Orten fortgeführt werden können, wodurch sich das Vorkommen und oft plötzliche

Erscheinen dieser Pflanzen auf Stellen, wo sie früher nie beobachtet wurden, zum Theil schon erklären läßt.

Das Oeffnen der Fruchthülle geschieht meist bei trockner Witterung, und diese Einrichtung deutet darauf hin, daß die Samen bei ihrem Ausfallen vor einer zu schnellen und anhaltenden Einwirkung der Feuchtigkeit geschüzt seyn sollen, damit sie nicht bloß vor der Verderbniß, sondern auch vor einer zu frühzeitigen Keimung bewahrt bleiben. Doch gibt es auch Früchte, welche umgekehrt bei feuchter Witterung sich öffnen und bei trocknem Wetter sich schließen, wahrscheinlich weil ihre Samen gleich nach dem Ausstreuen der Feuchtigkeit bedürfen, um ihre Keimkraft zu erhalten. Dahin gehören die Früchte der Nachtkerzen (Oenothera), mancher Kreuzblüthigen, z. B. der Jericho-Rose (Anastatica hierochuntica), besonders aber der in den Sandwüsten Südafrika's lebenden Zaserblumen (Mesembrianthemum), deren abgefallene Kapseln bei trockner Witterung geschlossen bleiben und nur bei feuchtem Wetter ihre Klappen auswärts rollen, um die Samen ausfallen zu lassen, welche auch nur dann in dem dürren Boden zu keimen vermögen. Aehnlich diesen Früchten verhalten sich auch unter den Pilzen die Sternstäublinge (Geastrum), deren äussere, zerschlizte Hülle bei trockner Luft zusammengezogen ist und den Sporensack oder Balg verdeckt, während bei feuchter Witterung die Fetzen dieser Hülle sich nach Aussen umschlagen, den Sporensack frei legen und so das Austreten seines staubfeinen Inhaltes gestatten.

Die Früchte mit fleischigen und saftigen Fruchthüllen springen selten nach der Reife auf, wie bei der Spritzgurke (Momordica Elaterium), wo sich die Frucht von ihrem Stiel ablöst und durch die dadurch an ihrem Grunde entstehende Oeffnung — wahrscheinlich in Folge einer raschen und kräftigen Zusammenziehung der Fruchthülle — ihren wässerigen Inhalt nebst den Samen einige Fuß weit fortsprizt, während sie selbst dabei auf eine kleine Strecke zurückfährt. Eben so selten sind die fleischigen Früchte mit anhängenden Theilen versehen, welche es dem Winde möglich machen, dieselben fortzutreiben, wie bei den Schlutten (Physalis), wo die Beere, mit dem aufgeblasenen, dieselbe einschließenden Kelche nach dem Abfallen vom Winde mehr oder weniger weit fortgerollt wird. In den meisten übrigen Fällen

fehlen solche Umhüllungen und bleibt auch die fleischige Fruchthülle geschlossen. Wenn solche Früchte, vermöge der gliederartigen Einlenkung ihres Fruchtstiels, nach der Reife sich ablösen, wie die Aepfel und Birnen, so können sie wegen ihrer Schwere natürlich nur in der Nähe der Mutterpflanze den Boden erreichen. Nun gibt es aber auch fleischige Früchte, welche selbst nach der Reife sich nicht von selbst von der Mutterpflanze trennen. Wenn solche auf ausdauernden Stämmen vorkommen wie die Kirschen und Weintrauben, so kann es lange währen, bis ihre Samen, sich selbst überlassen, auf den Boden gelangen; wenn sie aber einem einjährigen, krautigen Stengel angehören, wie die Früchte des Kürbis, des Tollkrautes (Atropa Belladonna), der Nachtschatten und Kartoffel (Solanum), so erreichen sie mit dem Absterben und Hinsinken des Stengels die Erde. In allen Fällen können aber die Samen nicht eher frei werden, als bis die fleischige Fruchthülle zerstört ist. Dazu trägt zwar die Feuchtigkeit der Atmosphäre und des Bodens sehr viel bei, da durch diese die Fäulniß und endliche Zersetzung des Fruchtfleisches eingeleitet wird; aber ausserdem, daß dadurch solche Samen, welche nicht durch eine harte Samen- oder Steinschale vor dem zu frühen Eindringen der Feuchtigkeit geschüzt sind, leicht ihre Keimkraft verlieren, würde immer noch der Uebelstand bleiben, daß alle Samen einer Pflanze auf einem zu kleinen Raum zusammengedrängt wären, um den aus ihnen aufkeimenden Pflanzen ein gedeihliches Wachsthum zu sichern. Darum hat hier die Natur in dem Fruchtfleische selbst eine Lockspeise für eine Menge von Säugethieren, Vögeln und Insekten bereitet, welche die Fruchthülle sowohl auf der Pflanze selbst als nach ihrem Abfallen verzehren und dadurch die Samen frei machen. Von den größern Thieren werden dann sehr häufig zugleich die Samen verschluckt und namentlich durch die Vögel an entfernteren Orten mit ihren Excrementen abgesezt. Diese sind meist solche Samen, welche durch ihre harten Schalen gegen die zu starke Einwirkung der Feuchtigkeit, so wie gegen die Verdauungskraft des thierischen Magens geschüzt sind und dadurch ihre Keimkraft nicht verlieren.

Auf diesem Wege geschieht nun die Verbreitung mancher Pflanzen, die auf andere Weise wohl unmöglich wäre. So findet man

Kirschenbäume an Orten, wo dieselben nie durch die Aussaat weder der Mutterpflanze noch des Menschen gelangen konnten. Die wilden Weinstöcke, welche man in allen Gebüschen und Wäldern der ehemaligen Rheinpfalz, sowohl auf der weiten Rheinebene als an den Ufern des Rheins findet, wo sie sich bis in die Krone der hohen Waldbäume hinaufranken, rühren sehr wahrscheinlich von solchen Samen her, welche durch die im Herbste die Weinberge der beiderseitigen Gebirgszüge oft schaarenweise besuchenden Vögel dahin verschleppt worden. Von dem Mistel (Viscum album), welcher nur auf den Aesten der Bäume und Sträucher wachsen kann, würde sich gar keine Nachkommenschaft bilden können, wenn die Samen desselben nicht durch die seine Beeren verzehrende Misteldrossel auf andere Bäume gebracht und auf diese Weise verbreitet würden. Die in Nordamerika einheimische gemeine Kermesbeere (Phytolacca decandra), welche der Färbung des Weins wegen im Jahre 1770 in der Umgegend von Bordeaux zur Ansaat eingeführt wurde, ist durch die Vögel so weit verschleppt worden, daß dieselbe jezt über das ganze südliche Frankreich, bis an das äusserste Ende der Pyrenäen-Thäler verbreitet ist. Eben so findet man gegenwärtig diese Pflanze auch im nördlichen Italien und im südlichen Deutschland überall verwildert, wo man sie in größerer Menge angebaut hat. Den Inseln der Südsee, auf welchen die Holländer, aus merkantilischen Gründen, den Muskanußbaum ausgerottet hatten, sollen die Vögel denselben durch das Einschleppen der Samen wieder zugebracht haben.

Auch Säugethiere tragen zur Verbreitung der Saat das Ihrige bei, indem sie die mit Hakenborsten und Widerhäkchen versehenen Früchte und Fruchtdecken mancher Pflanzen, wie der Klette (Arctium), des Odermennigs (Agrimonia), der Spitzklette (Xanthium), des Zweizahns (Bidens), der Hundszunge (Cynoglossum), mancher Süßklee- und Schneckenklee-Arten (Hedysarum, Medicago) u. s. w., welche sich mehr oder weniger leicht beim Anstreifen ihrem Fell anhängen, weiter tragen.

Ein sehr bedeutendes Hülfsmittel zur Verbreitung der Samen ist ferner das Wasser. Ströme und Flüsse führen die Samen der in den Gebirgen und überhaupt in den obern Gegenden

ihres Stromgebietes wachsenden Pflanzen mit sich und setzen sie in den tiefer gelegenen Gegenden an ihren Ufern ab. So findet man z. B. um München an den Ufern der Isar eine Menge von Pflanzen, die sonst nur auf den hohen Alpen angetroffen werden, und deren Samen aus den Hochgebirgen Tyrols herabgeschwemmt worden. Manche dieser Pflanzen haben sich seit undenklichen Zeiten wirklich hier eingebürgert und sogar ziemlich weit zu beiden Seiten des Strombettes über die Ebene verbreitet, während andere nur in der Nähe des Ufers sich erhalten, oder selbst durch die jährlich wiederkehrende Aussaat neuer Samen aus den Bergen ersezt werden müssen. Auch Meeresströmungen führen Früchte und Samen oft nach sehr entfernten Küsten. Das Vorkommen der zahlreichen Pflanzenarten, welche die das große Becken des mittelländischen Meeres umschließenden Küsten dreier Theile der alten Welt mit einander gemein haben, ist wohl nur aus dem wechselseitigen Austausche ihrer Samen auf dem Wege der leichtbeweglichen Fluth zu erklären. Die kopfgroßen und zwanzig Pfund schweren Palmenfrüchte der Lodoicea Sechellarum *Labill.* werden von den Seychellen durch das Meer bis zu den maldivischen Inseln und selbst an die Küste von Malabar geführt; die sechs bis acht Fuß langen Hülsen der auf den Antillen wachsenden Entada Gigalobium *De C.* (Mimosa scandens *Sw.*) findet man an den Küsten der Hebriden, im Westen von Schottland, und andern Angaben zufolge sogar an denen von Norwegen durch die Meeresströmungen angeschwemmt.*)

Zu allen diesen auf natürlichem Wege stattfindenden Verbreitungsweisen der Samen gesellt sich endlich noch die künstliche, von dem Menschen zu seinen eigenen Zwecken veranstaltete Aussaat, wodurch dieselbe mit den vielen nuzbaren Kulturpflanzen, den Getreidearten, der Kartoffel, dem Taback, Weinstock u. s. w.

---

*) Die Samen dieser Früchte haben zwar durch die langdauernde Einwirkung des Meerwassers ihre Keimkraft verloren, und die lezgenannte westindische Pflanze würde auch ohnedieß im Norden von Europa sicher nicht gedeihen können; demungeachtet zeugt aber die Fortschwemmung dieser großen Früchte auf solche ungeheure Strecken unläugbar für die weite Verbreitung der Samen überhaupt durch die Meeresströmungen.

auch eine Menge von Unkräutern nach allen Welttheilen hin verbreitet hat. So kamen unter andern das kanadische Berufkraut (Erigeron canadense) und der straffe Sauerklee (Oxalis stricta) aus Amerika nach Europa, wo sie jezt ganz einheimisch geworden sind und sich in manchen Ländern sehr weit verbreitet haben; so sind das geknäulte Cypergras (Cyperus glomeratus) und das gabeldoldige Faserriet (Fimbristylis dichotoma) mit dem Reis aus Ostindien eingewandert und haben sich jezt von Griechenland, längs den Küsten des adriatischen Meeres, bis nach dem südlichen Tyrol ausgebreitet; umgekehrt hat Amerika manche Pflanzen auf diese Weise von Europa aus erhalten, und eben so sind europäische Unkräuter mit den Saaten nuzbarer Gewächse durch die Engländer nach Neuholland gebracht worden. Auch das Vorgebirge der guten Hoffnung hat, als ein seit langer Zeit von Schiffen aller Länder besuchter Ort, manche Pflanze erhalten, die ursprünglich dort nicht zu Hause war. Die gegenwärtig über den größten Theil von Europa verbreitete zweijährige Nachtkerze (Oenothera biennis) soll nach Linné erst im Jahr 1614 aus Virginien dahin gebracht worden seyn, und die in manchen Gegenden von Deutschland vorkommende weichstachelige Nachtkerze (Oenothera muricata) scheint ebenfalls amerikanischen Ursprungs zu seyn. Wie weit auch botanische Gärten zur Verbreitung ausländischer Pflanzen beigetragen haben oder noch beitragen können, ist gar nicht zu berechnen. Wie nun der Mensch mit der künstlichen Aussaat für eigene Zwecke zugleich, ohne es zu wollen, die Verbreitung vieler ihm nuzlosen Gewächse befördert, so gibt es auch manche Pflanzen, welche ihm freiwillig überall hin folgen, wo er seinen bleibenden Wohnsiz aufschlägt. So sehen wir die Gänsefuß-Arten (Chenopodium), die Melden (Atriplex), die Ampfer (Rumex), die Wandkräuter (Parietaria), manche Amaranthen, die Nesseln, Knöterich-Arten (Polygonum), die Wegwarte (Cichorium) u. a. m. sich immer um die Wohnungen, auf den Straßen und Wegen der Menschen ansiedeln, und der Alpenampfer nebst dem blauen Sturmhut, umgeben gewöhnlich dichtgedrängt die Sennhütten der hochgelegenen Alpwiesen, wo sie oft, nachdem diese

Hütten längst verschwunden sind, noch die ehemaligen Stellen derselben anzeigen.

Sowohl bei der natürlichen als bei der künstlichen Aussaat ist es indessen zur dadurch bezweckten Fortpflanzung und Vervielfältigung der Gewächse noch nicht hinreichend, daß die Samen und Sporen nur möglichst weit umhergestreut werden; diese müssen zugleich den günstigen Boden und das entsprechende Klima finden, ohne welche sie nicht keimen, oder doch die aufgekeimten Pflanzen sich nicht vollständig ausbilden können. Es gibt zwar manche Pflanzen, welche ihre Früchte fest auf die Oberfläche des Bodens legen oder selbst unter die Erde versenken und dort zur Reife bringen, wo ihre Samen beim Ausfallen sogleich die zur Keimung erforderlichen Bedingungen antreffen*); aber von der Mehrzahl der Pflanzen gelangen eine Menge von Samen und Sporen an Stellen, wo diese Bedingungen fehlen, und auch darin müssen wir eine weise Vorrichtung der Natur erkennen, wenn wir bedenken, daß, sollten alle ausgestreuten Samen zur Keimung und weitern Ausbildung gelangen, einzelne Pflanzenarten, welche eine übergroße Menge von Samen und Sporen

*) Zu diesen Pflanzen gehört die europäische Erdscheibe (Cyclamen europaeum), deren Blüthenstiele sich nach dem Verblühen schraubenförmig so stark zusammendrehen, daß die Frucht ganz nahe an den Boden oder selbst etwas unter denselben gebracht wird. Auch das Märzveilchen (Viola odorata) legt, besonders wenn es auf lockerem Gartenlande gezogen wird, seine Kapseln so nahe an die Erdoberfläche oder selbst unter dieselbe, daß die Samen beim Ausfallen sogleich unter dem Boden sich befinden. Bei dem eckigblättrigen Leinkraute oder Cymbelkraute (Linaria Cymbalaria), dessen schlaffe Stengel aus den Felsen- und Mauerritzen, worin die Pflanze wurzelt, herabhängen, krümmen sich meist die Fruchtstiele, bis sie eine Ritze erreicht haben, in welcher die Kapsel ihre Samen ausleeren kann, die nur an solchen Stellen zu keimen vermögen. Der zur Blüthezeit aufrechte Blüthenstiel des unterirdischen Klees (Trifolium subterraneum) krümmt sich später und dringt mit seiner zu einem Stachel erhärtenden Spitze in den meist lockern Boden seines Standortes ein, indem er zugleich die Früchte mit vergräbt. Auch die Wasserpflanzen, welche unter dem Wasserspiegel ihre Früchte reifen, gehören hierher, da bei ihnen ebenfalls die Samen beim Ausstreuen sogleich den zur Keimung günstigen Boden finden.

erzeugen, bald die übrigen verdrängen und die ganze Erde bedecken würden.

4. Von der Keimung.

§. 215.

Nach der Aussaat der Samen oder Sporen bleiben sie kürzere oder längere Zeit in einem Zustande der Ruhe, bevor die in ihnen schlummernde Lebensthätigkeit erwacht und die neue Pflanze aus ihnen hervorgeht. Die meisten Samen, besonders von jenen, welche im Spätsommer und Herbste reifen, keimen erst im folgenden Frühling; viele verrichten aber auch ihre Keimung noch in dem nämlichen Jahre, bald nach ihrer Ausstreuung, wo dann die jungen Pflanzen überwintern und mit dem kommenden Frühling ihr Wachsthum fortsetzen. Manche Samen und einsamigen Früchte müssen jedoch auch viel längere Zeit in der Erde liegen, bevor die Keimung erfolgt. Der mit einer harten Steinschale umschlossene Same des Pfirsichs, der in der lederigen Fruchthülle eingeschlossene der zahmen Kastanie, so wie der Same der Gichtrosen (Paeonia) und des Acker-Kuhweizens (Melampyrum arvense) kommt erst ein Jahr nach der Aussaat zur Keimung; die nußartigen Karyopsen der Rosen, die steinschaligen Samen des Weißdorns (Crataegus Oxyacantha) und des gelben Hornstrauchs oder der Kornelkirsche (Cornus mascula) keimen erst nach $1\frac{1}{2}$ oder 2 Jahren, und die Samen des epheublättrigen Ehrenpreises (Veronica hederaefolia) sind (nach Tittmann*), nachdem sie zwei Jahre und darüber in der Erde gelegen hatten, noch steinhart, und liegen also wahrscheinlich mehrere Jahre im Boden, ehe sie keimen.

Soll aber überhaupt die Keimung naturgemäß von Statten gehen, so bedürfen die Samen und Sporen in der Regel noch, ausser einem günstigen Boden, des ungestörten Zutrittes des Wassers, der atmosphärischen Luft und der Wärme, dreier äussern Lebensbedingungen, ohne welche keine Keimung möglich ist, wie dieses schon früher (§. 148, 151 und 152) angedeutet

*) Joh. Aug. Tittmann, die Keimung der Pflanzen, durch Beschreibungen und Abbildungen einzelner Samen und Keimpflanzen erläutert. 1821. (S. 61).

worden. Vor der Einwirkung dieser erregenden Potenzen geschüzt, können Samen und Sporen ihre Keimfähigkeit oft lange Zeit unverändert beibehalten, selbst wenn sie in einem günstigen Boden sich befinden. Es sind Beispiele bekannt, daß Getreide, dicht auf einander geschichtet und unter die Erde vergraben, über hundert Jahre die Keimkraft erhielt, und das plötzliche Erscheinen von Pflanzen auf Stellen, wo durch Urbarmachung oder durch Abtragung von Mauerwerken, Schutt u. dgl. eine tiefere Bodenschichte blosgelegt wurde, oder an solchen Orten, die Jahrhunderte oder vielleicht selbst Jahrtausende lang vom Meere bedeckt gewesen und nicht mit der freien Luft in Berührung gekommen waren, scheint ebenfalls auf die lange dauernde Keimfähigkeit mancher Samen hinzudeuten *).

Doch ist bei verschiedenen Pflanzen auch die Dauer der

---

*) Ueber die Jahrhunderte hindurch sich erhaltende Keimfähigkeit mancher Samen sind, besonders in neuerer Zeit, mehrere merkwürdige Thatsachen bekannt gemacht worden. So weiß man, daß in den Gräbern der Inka's gefundene Maiskörner noch zum Keimen gebracht wurden. Bei der Eröffnung einiger alten gallischen Gräber in einer Gemeinde des Departements der Dordogne, die allem Anschein nach aus den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung stammen, fand man unter der Stelle, worauf der Kopf der Verstorbenen ruhte, ein kleines rundes Loch ganz mit Samen ausgefüllt, die nach dem Aussäen keimten und, wie die aufgegangenen Pflanzen zeigten, von der europäischen Sonnenwende (Heliotropium europaeum), von der gemeinen Flockenblume oder Kornblume (Centaurea Cyanus) und von einem Klee (Trifolium minimum (?), wahrscheinlich Trif. filiforme) herrührten (s. allgem. bot. Zeit. 1835, S. 576). Bei der Versammlung der deutschen Aerzte und Naturforscher in Stuttgart (im September 1834) berichtete Graf v. Sternberg (s. Allgem. bot. Zeit. 1835, S. 5), daß er Getreidekörner, welche in den Behältern ägyptischer Mumien gefunden worden, durch eine sorgfältige Behandlung zum Keimen gebracht und reife Aehren davon erhalten hatte, die er der botanischen Sektion vorzeigte und die einer Spielart des gemeinen Weizens (Triticum vulgare) angehörten. Diese Samen müßten demnach mehrere Jahrtausende ihre Keimfähigkeit erhalten haben. Auch die Sporen der Kryptogamen scheinen zum Theil ihre Keimfähigkeit sehr lang zu behalten; wenigstens sah Willdenow (Spec. plant. V. p. VII) Farnsporen noch keimen, nachdem sie über 17 Jahre im Herbarium gelegen hatten.

Keimfähigkeit in den Samen sehr verschieden. Manche verlieren ihre Keimkraft sehr frühe, wie die Samen der Eiche, der zahmen Kastanie und des Kaffeebaums, und müssen daher bald nach der Reife ausgesäet werden, wenn sie eine gedeihliche Saat geben sollen. Während ferner die Samen mehrerer Pflanzen, wie vorhin bemerkt, jahrelang im Boden liegen, bevor ihre Keimung beginnt, sieht man dieselben bei andern Pflanzen schon auf der Mutterpflanze keimen. Die Samen der Flachsseiden (Cuscuta), der peitschenförmigen Fackeldistel (Cactus flagelliformis), der filzigen Avicennie (Avicennia tomentosa) und des gemeinen Brodbaums (Artocarpus incisa) [1]) fangen häufig schon in der Fruchthülle an zu keimen, bevor diese von der Mutterpflanze sich getrennt hat. Bei der asiatischen Hakenlilie (Crinum asiaticum *Lin.* oder Bulbine asiatica *Gärtn.*) keimen die Samen so schnell, daß oft die reife Kapsel, statt mit Samen mit den aus diesen gekeimten Zwiebelchen erfüllt ist [2]), auch bei einigen Arten der Gattung Eugenia (aus der Familie der Myrtaceen) durchbricht der Keim die Samenhäute noch in der geschlossenen Fruchthülle, so daß der nackte Keim zur Erde gelangt. Ausnahmsweise hat man auch schon in der Frucht des Turban-Kürbisses (Cucurbita Melopepo) und des Melonenbaumes (Carica Papaya) ein solches voreiliges Keimen der Samen beobachtet *) und so sieht man auch oft in regnerischen Sommern die Karyopsen der Getreidearten noch in den Aehren keimen, wenn diese sich auf den feuchten Boden gelegt haben. Dagegen treiben die Keime in den Samen der Wurzelbäume (Rhizophora) und Bruguieren (Rruguiera) in der Regel ihr Stengelchen sammt dem spindelförmigen Wurzelende durch die noch am Stamme

---

[1]) Bischoff, Handb. der bot. Terminol. u. Systemk. T. 43. Fig. 1956, A B. — [2]) Das. Fig. 1957.

*) Albrecht (in den Abhandl. d. kais. Leop. Carol. Akad. d. Naturf. Bd. V. S. 91) gibt an, daß er in einem im Zimmer aufbewahrten Turban-Kürbis im Februar alle Samen keimend, mit mehr als fingerslangen Stengelchen fand, während sie ihre Wurzeln in das Fruchtfleisch hineingetrieben hatten, durch welches auch ohne Zweifel die Pflänzchen ernährt wurden.

befindliche Fruchthülle hervor [1]), und erst nachdem sich dasselbe bedeutend ($\frac{1}{2}$ — 2 Fuß) verlängert hat, fallen die Früchte ab; die Keime heften sich, gleich Pflöcken, in den Boden, wo sie Wurzelzasern treiben und als natürliche Setzlinge weiter wachsen.

Wenn wir den Verlauf der Keimung nach den allgemeinen Erscheinungen, welche unter der Einwirkung der drei nothwendigen äussern Potenzen, nämlich des Wassers, der Luft und der Wärme dabei stattfinden, verfolgen wollen, so müssen wir, wegen der großen Verschiedenheit des Keimungsprocesses bei phanerogamischen und kryptogamischen Pflanzen, diesen Proceß an den Samen und Sporen besonders betrachten. Wir beginnen daher mit der Keimung der Samen, als dem einfachern Hergange, da es sich dabei nur um die Entfaltung eines bereits gebildeten Keimes handelt.

Von der Keimung der Samen.

§. 214.

Bei der vereinten Einwirkung der drei genannten Agentien bringt das Wasser, vermöge der größern oder geringern Hygroskopicität der Frucht- und Samenhülle, ein; die Häute derselben werden erweicht und dehnbar; harte Schalen trennen sich allmälig oder plötzlich in ihren Nähten; weiche, fleischige Frucht- und Samenhüllen verwesen. Der Eiweißkörper und die Samenlappen, welche die eingedrungene Flüssigkeit binden, schwellen an und dehnen die Samenhülle immer mehr aus, bis sie (gewöhnlich in der Gegend, wo das Würzelchen des Keims liegt) aufplazt oder sich spaltet. Die eindringende Feuchtigkeit verbindet sich mit den in den Zellen des Eiweißes und Keimes abgelagerten Nahrungsstoffen (dem Stärkmehl, Schleim oder fetten Oele), die nun in eine schleimig-zuckerartige Emulsion übergehen, welche die erste Nahrung für das keimende Pflänzchen abgibt. Wenn wir die (S. 281) gegebene Tabelle der organischen Verbindungen vergleichen, so erkennen wir leicht, daß bei der Umwandlung des Stärkmehls, des Schleims oder eines fetten Oels in Zucker die Kohlenstoffmenge der erstern sich vermindern, die

---

[1]) Bischoff, Handb. der bot. Terminol. u. Systemk. T. 43, Fig. 1958 u. 1959.

Menge des Wassers oder der Elemente desselben dagegen sich vermehren müsse. Die Zunahme des Wassers ergibt sich von selbst aus der durch den Samen eingesogenen Feuchtigkeit; die Abnahme des Kohlenstoffs aber, der, als ein an sich fester Körper, nicht aus dem Zellgewebe auszutreten vermag, kann nur dadurch geschehen, daß derselbe sich mit Sauerstoff zu Kohlensäure verbindet und so in Gasgestalt entweicht. Es hauchen auch wirklich die Samen, wie die Versuche von Theod. de Saussure und Anderen beweisen, während ihrer Keimung so lange Kohlensäure aus, bis das Keimpflänzchen aus dem Samen hervorgetreten ist, und dadurch wird zugleich die Nothwendigkeit und der Nutzen der atmosphärischen Luft erwiesen, da es nur der Sauerstoff der leztern ist, welcher von dem keimenden Samen verschluckt und, mit dem überschüssigen Kohlenstoffe verbunden, in der Kohlensäure wieder ausgeschieden wird. Der Sauerstoff der Luft wirkt also nur dadurch günstig auf die Keimung ein, daß er die in dem Eiweiß und Keim enthaltenen Nahrungsstoffe von dem überschüssigen Kohlenstoffe befreit, wodurch diese in dem eingesogenen Wasser löslich und zur Ernährung der jungen Pflanze geschickt werden. Daraus erklärt es sich auch, warum Samen, welche zu tief unter der Erde liegen oder überhaupt vor dem Zutritt der atmosphärischen Luft geschüzt sind, nicht zur Keimung gelangen*); es erklärt

*) Eine Ausnahme davon machen jedoch die schweren, zu Boden sinkenden und also unter dem Wasser keimenden Samen der Wasserpflanzen, welche von dem Zutritte der atmosphärischen Luft ausgeschlossen sind. Ueber die Art, wie bei diesen die Umwandlung der im Eiweiß und Keim abgelagerten Nahrungsstoffe geschieht, besitzen wir noch keine Beobachtungen. Sie müssen wohl das Vermögen haben, auf andere Weise den zu ihrer Keimung nöthigen Sauerstoff sich zu verschaffen, welches Vermögen den Samen der meisten Landpflanzen abgeht, deren Samen im Wasser zwar anfangen zu keimen, aber dann endlich verfaulen. Selbst von den frei auf der Oberfläche des Wassers schwimmenden Pflanzen, wie von den Wasserlinsen (Lemna), steigen die Samen bei der Keimung in die Höhe, um mit der Luft in Berührung zu kommen.

Die Erzeugung von Essigsäure und Gährungsstoff (Ferment), welche Edwards und Colin (De l'Influence de la Température sur la Germination. — Annales des sciences naturelles. Seconde série, 1834. Tom. I. Botanique, p. 259 — 260) ausser der Zuckerbildung bei der Keimung beobachtet haben, kann wohl nur von einer beginnenden Zersetzung des Eiweißkörpers der von ihnen ange-

sich ferner, warum bei den ersten Stadien der Keimung der Zutritt des Lichtes nicht allein entbehrlich ist, sondern in manchen Fällen vielleicht selbst nachtheilig werden kann, weil durch die Einwirkung dieses Agens, wie wir bei der Assimilation der Pflanzen erfahren haben, eine Trennung des Kohlenstoffs und Sauerstoffs erfolgt, wodurch der erstere in dem Pflanzengewebe gebunden und nur der leztere in die Atmosphäre ausgeschieden wird. Die Ausscheidung der Kohlensäure aus den keimenden Samen stimmt daher mehr mit der nächtlicher Aushauchung dieser Gasart bei den erwachsenen Pflanzen überein.

Die Wärme wirkt nicht blos auf die Erweckung der organischen Thätigkeit im Keime, sondern auch auf die chemischen Veränderungen der im Samen abgelagerten Stoffe ein, indem sie die verschiedene Wechselwirkung der leztern mit dem von Aussen hinzutretenden Wasser und dem Sauerstoffe der Luft einleitet. Je höher die Temperatur, desto lebhafter ist bei dem entsprechenden Feuchtigkeitsgrade der Luft die Vegetation im Allgemeinen, folglich auch desto rascher die Keimung und das Wachsthum der aufgekeimten Pflanze. Dabei findet aber doch eine gewisse Grenze statt, indem bei einem zu hohen Wärmegrade, so gut wie bei einer zu niedrigen Temperatur, eine Verzögerung der Keimung oder selbst eine gänzliche Zerstörung der Keimkraft eintritt. Daß bei einer bis auf oder unter den Gefrierpunkt herabgehenden Temperatur keine Keimung stattfinden könne, ist schon darum einleuchtend, weil dann unmöglich das zu Eis erstarrte Wasser in den Samen eindringen kann, auch der leztere keinen Sauer-

---

wendeten Getreidesamen herrühren und möchte schwerlich bei solchen Samen stattfinden, welche in dem ihnen zukommenden Medium ihren Keimungsproceß regelmäßig vollbringen. Die Weizen- und Mayskörner, welche jene Produkte lieferten, keimten nämlich in Wasser, welches bei den erstern sogar Zucker in Auflösung enthielt. Beide Versuche wurden während der heissesten Jahreszeit angestellt, wo sich beim keimenden Weizen im Zuckerwasser, bei dem Mays aber im reinen Wasser, jedoch bei schon weiter vorgerückter Keimung, neben dem Zucker, ausgeschiedene Essigsäure und Ferment erkennen ließ, so daß sich sogar ein starker Alkoholgeruch entwickelte. Es ist wohl einleuchtend, daß sich aus solchen Versuchen keineswegs ein Schluß auf die Produkte der naturgemäßen Keimung ziehen läßt.

stoff aus der atmosphärischen Luft aufzunehmen vermag, indem sogar (nach Schübler's Versuchen) angefeuchtete Erdarten ihre Fähigkeit, den Sauerstoff der Luft aufzunehmen, durch eine auf den Gefrierpunkt herabsinkende Temperatur verlieren. Nach den neuern von Edwards und Colin über die Keimung angestellten Untersuchungen *) keimen Getreidearten (Weizen, Gerste, Roggen) nicht unter + 5,5° Reaum., während dieselben bei einer über 36° R. steigenden Wärme, in mäßig feuchter Erde, auch nicht mehr zur Keimung gelangen, so daß diese beiden Wärmegrade die Grenzen bilden, zwischen welchen allein die Keimung dieser Samen möglich ist. Dagegen gibt es auch Pflanzen, deren Keimungsgrenze weiter geht; die Karyopsen des Mays oder Welschkorns keimen z. B. noch bei einer um 8° höhern Wärme als die der genannten Getreidearten.

Wenn aber auch die Samen in einer nur wenig über den Eispunkt gehenden Temperatur nicht mehr keimen, so ist damit nicht gesagt, daß sie alsdann auch ihre Keimfähigkeit verlieren. Edwards und Colin sahen Weizen, Gerste, Roggen und Bufbohnen noch keimen, nachdem sie 15 Minuten lang einer Kälte, bei welcher das Queckfilber erstarrt, ausgesezt waren und darauf in die ihrer Keimung günstigen Verhältnisse gesezt wurden. Anders verhält es sich dagegen mit der Einwirkung höherer Wärmegrade; die höchste Temperatur, bei welcher die Keimung nicht mehr stattfindet, ist auch zugleich diejenige, welche die Keimfähigkeit der Samen zerstört, so daß dieselben, wenn sie später in eine gemäßigtere Wärme gebracht werden, nicht mehr zur Keimung kommen. Indessen wird dabei noch ein merklicher Unterschied beobachtet nach dem verschiedenen Medium, worin die Samen der höchsten Temperatur ausgesezt werden, und nach der Zeit, während welcher sie darin verharren. So fanden die beiden genannten Beobachter, daß Samen von Getreide- und Hülsenpflanzen, welche in Wasser, das auf 50° R. erhizt war, schon nach einem viertelstündigen Aufenthalt in demselben ihre Keimkraft verloren, dieselbe größtentheils beibehielten, wenn sie eben so lang einem gleich stark erhizten Wasserdampf ausgesezt wurden, und in trockner Luft konnte sogar eine Hize

*) A. a. O. p. 257 — 270.

von 60° R. nach einer gleichlangen Einwirkung die Keimfähigkeit nicht in allen Samen aufheben. Dagegen verlieren diese Samen schon bei 28° R. ihr Keimungsvermögen im Wasser, worin sie drei Tage gelegen, während in feuchter Erde, bei trockner Luft, erst mit 40° R. dieses Vermögen zerstört wird. Viele Samen müssen jedoch auch eine bedeutend höhere Wärme ertragen können, da (nach v. Humboldt) zwischen den Wendekreisen der Boden am Tage bis zu 42° und 45° R. erhizt wird und in heißen Quellen von 40° bis 60° R. noch gewisse Pflanzen wachsen können. *)

Wenn die drei wesentlichen Bedingungen, Wasser, Luft und Wärme gegeben sind, so ist es für den Anfang der Keimung ziemlich gleichgültig, in welchem Boden dieselbe stattfindet. Für den ersten Keimungsakt ist in der Regel jeder Boden hinreichend, welcher Feuchtigkeit halten kann; daher können Samen in feuchter Wolle, in Badeschwamm, in reinem Sande und in andern unlöslichen Substanzen, so wie selbst im bloßen Wasser keimen. Für die weitere Entfaltung und das gedeihliche Wachsthum bedarf aber jede Pflanze den nach ihrer verschiedenen Lebensweise für sie passenden Boden, welcher eben hiernach sehr verschieden ist. Da ferner die Pflanze sich nicht von der Stelle bewegen kann, so muß bei der natürlichen Aussaat schon der Same denjenigen Boden erhalten, worauf die aus ihm keimende Pflanze ihr Fortkommen findet. Es kommt also bei einer gedeihlichen Aussaat und Keimung, hinsichtlich des Bodens im Allgemeinen und der Erdarten im Besondern, schon Dasjenige in Betracht, was davon in Bezug auf das Pflanzenleben überhaupt (§. 153 — 157) gesagt worden.

Was die Beschaffenheit der Samen selbst betrifft, so zeigt

---

*) Dunbar und Hunter haben in Louisiana, an der Grenze der vereinigten Staaten, Quellen von 24° bis 50° R. gesehen, worin nicht allein Conferven und krautige Pflanzen, sondern auch Sträucher und Bäume wuchsen (Froriep's Notizen 1835, Bd. XXXVI, S. 38). Sonnerat gibt an, daß auf der Insel Luson (Manilla), einer der Philippinen, sich eine heiße Quelle finde von 60° R., worin er kleine Pflanzen Agnus castus (?) (vielleicht Vitex incisa oder V. spicata) blühen sah (Journal de Physique par *Rozier*, Avril, 1774, p. 256.

im Allgemeinen ihr mehr oder minder trockner Zustand, so wie die Zeit, welche zwischen ihrer Reife und Aussaat verstrich, oder ihr Alter, einen merklichen Einfluß auf die raschere oder langsamere Keimung derselben. Je trockner die Samen sind, desto mehr Zeit scheinen sie in der Regel zu bedürfen, um das zur Keimung nöthige Wasser einzusaugen und vermittelst desselben ihre Nahrungsstoffe in den emulsiven Zustand umzuwandeln. Es ist zur Keimung nicht einmal ein vollkommener Grad der Reife nöthig; im Gegentheil haben die seit Senebier noch von manchen Andern angestellten Versuche gezeigt, daß unreife Samen sogar schneller keimen als völlig reife. Diese schnellere Keimung nicht vollkommen reifer Samen läßt sich wohl nur daraus erklären, daß der Zelleninhalt des Eiweißes und Keimes noch nicht in den festen Zustand des reifen Samens übergegangen ist, folglich nicht derselben Zeit bedarf, um durch die Erdfeuchtigkeit erweicht und in den Nahrungsbrei umgewandelt zu werden; wobei zugleich noch die weniger feste Beschaffenheit der Samenhülle in Anschlag zu bringen ist, welche dem Eindringen der Feuchtigkeit sowohl als dem Hervorbrechen des Keimes einen geringern Widerstand bietet als die völlig eingetrocknete oder erhärtete Samenhülle nach der Reife. *)

Schon vor langer Zeit (im Jahr 1793) hat Alex. v. Humboldt **) nachgewiesen, daß wässeriges Chlor die Keimung der in dasselbe gebrachten Samen auffallend beschleunige und daß sogar alte und verlegene Samen, die im Wasser oder in feuchter Erde schwer oder gar nicht keimten, in dieser Chlorauflösung zur Keimung gelangten. Er sah Erbsen- und Kressensamen darin in kurzer Zeit, die leztern nach sechs bis sieben Stunden, keimen, während diejenigen, welche in reinem Wasser lagen, erst nach 36 bis 38 Stunden keimten. Eben so fand er,

---

*) Vielleicht möchte auch ein weiterer Grund zur raschern Keimung unreifer Samen darin liegen, daß der Keim selbst noch in seiner Ausbildung begriffen, also noch nicht zu seiner Samenruhe gelangt ist, und daher, ohne erst aus dieser geweckt werden zu müssen (gleich der Knospe des zweiten oder Augusttriebes), sich sofort zu entfalten strebt.

**) Aphorismi, S. 156 angehängt dem: Florae Friburgensis specimen, 1793. Dann: Aphorismen aus der chem. Physiologie der Pflanzen; übers. von Gotthelf, Fischer. Leipzig, 1794, S. 61—66.

daß die genannten Samen, so wie die gewöhnlichen Bohnen in Kieselerde gesäet, mit wässerigem Chlor befeuchtet, um einen Tag früher keimten, als solche, die nur mit Wasser begossen wurden. Neuerlichst hat Göppert *) gezeigt, daß Jod und Brom in der wässerigen Lösung, unter dem Einflusse des Sonnenlichtes, das Keimen der Samen ganz eben so befördern wie das Chlor, wobei er will gefunden haben, daß es nicht diese einfachen Stoffe, sondern ihre Verbindungen mit Wasserstoff sind, welche diese reizende Wirkung auf die Samen ausüben. Eine ähnliche Wirkung auf das Keimen der Samen zeigten ihm auch die (organischen und unorganischen) Sauerstoffsäuren. **)

---

*) Versuche über die Einwirkung des Chlor, Jod, Brom, der Säuren und Alkalien auf das Keimen der Samen. Froriep's Notizen, Nro. 861, März 1834.

**) Die beschleunigende Einwirkung des wässerigen Chlors auf die Keimung der Samen ist wohl daraus erklärlich, daß diese Verbindung sich, besonders im Lichte, in wässerige Salzsäure und Sauerstoff zersezt, welcher frei wird und dann, dem Samen in größerer Menge wie gewöhnlich dargeboten, seine Verbindung mit dem überschüssigen Kohlenstoff des im Samen abgelagerten Nahrungsvorrathes, und eben dadurch die Umwandlung des leztern in eine zuckerhaltige Emulsion beschleunigt. Brom und Jod bewirken in Verbindung mit Wasser wohl eben so, durch Freimachung des in dem leztern enthaltenen Sauerstoffs, die beschleunigte Keimung der Samen. Die verdünnten Sauerstoffsäuren scheinen dagegen unmittelbar die Umwandlung des Stärkmehls (ob aber auch des Gummi und Oels?) der Samen in Zucker, und damit den Keimungsakt selbst zu befördern.

Bei sehr alten Samen ist jedoch die Anwendung dieser scharfen Mittel nicht immer anwendbar. Wenigstens sah Graf v. Sternberg bei den früher (S. 479) erwähnten ägyptischen Weizenkörnern seine Versuche, die Keimkraft dieser Körner durch Säure zu beleben, mißlingen, indem die, wie es schien, durch das hohe Alter sehr mürbe gewordenen Frucht- und Samenhällen zerrissen und das Stärkmehl in der (sauren) Flüssigkeit sich auflöste. Es wurden daher die Körner in Oel getaucht, dann ziemlich tief in (mit Erde gefüllte) Töpfe gelegt und diese in eine mit Wasser angefüllte Unterschale gestellt. Durch diese Verfahrungsweise wurde glücklich die Keimung von zwei Pflänzchen bewirkt, welche beide reife Aehren brachten. Hier scheint gerade das Oel, dadurch, daß es das zu rasche Eindringen der wässerigen Feuchtigkeit verhinderte, die mehr allmälige Umwandlung des (durch das hohe Alter vielleicht auch zum Theil ver-

Nachdem sich durch die Einsaugung von Wasser unter den angedeuteten Verhältnissen die schleimig-zuckerhaltige Emulsion gebildet hat, wird diese nährende Flüssigkeit in den eiweißlosen Samen unmittelbar von den Kotyledonen dem Würzelchen und Knöspchen, in den eiweißhaltigen Samen aber von dem Eiweißkörper dem ganzen Keime, sammt seinen meist dünnen Kotyledonen zugeführt. Im ersten Falle geht die in den Kotyledonen vorhandene milchige Flüssigkeit an derjenigen Stelle, wo dieselben mit dem Würzelchen und Knöspchen verbunden sind, in die leztern über; im andern Falle muß diese Flüssigkeit von der untern (oder äußern), dem Eiweißkörper anliegenden Fläche der Samenlappen eingesogen und dann auf demselben Wege den übrigen Theilen des Keimes zugeführt werden. Bei den eiweißlosen Samen ernährt der Samenlappenkörper allein gleich von Anfang das Pflänzchen, und wo dieser Körper groß und dick ist, da bleibt derselbe auch meist bei der Keimung in der Erde zurück und versieht die junge Pflanze so lange aus seinem eigenen Vorrathe mit Nahrung, bis sich die ersten Blätter des Knöspchens entfaltet haben und die nun auch von dem Würzelchen aus der Erde eingesogene Flüssigkeit zu Nahrungs- und Bildungssaft verarbeiten können. Wo aber ein Eiweißkörper vorhanden, da ist der Samenlappenkörper anfangs nur mehr Leiter der Nahrungsflüssigkeit für den Keim und nur in den Fällen, wo er dick und selbst mit einem bedeutenden Nahrungsvorrathe erfüllt ist, wie bei den Gräsern und Palmen, bleibt er auch unter der Erde zurück und hilft so die junge Pflanze ernähren; in allen Samen dagegen, deren Keim einen dünnen, blattähnlichen Samenlappenkörper besizt (und diese bilden bei Weitem die Mehrzahl der eiweißhaltigen Samen), tritt derselbe bei der Keimung über die Erde hervor, wird grün, und wenn er aus mehreren Blättern

---

änderten) Stärkmehls herbeigeführt zu haben. Wenn sich Raspail's Angabe (L'Institut, 1834, p. 241), wornach in sehr alten Getreidekörnern sich stets etwas freie Säure, aber kein Kleber vorfindet, bestätigen sollte, so ließe sich wohl aus dem Vorhandenseyn dieser Säure die Möglichkeit der Umwandlung des Stärkmehls in Zucker, so wie ihre ziemlich tief unter der Erde erfolgte Keimung, zugleich aber auch die verderbliche Einwirkung der Säuren in den erwähnten Versuchen des Grafen v. Sternberg erklären.

besteht, so breiten diese sich aus und übernehmen dann sogleich die den grünen Blättern überhaupt zukommenden Funktionen. Dieses Hervortreten über die Erde wird besonders auch unter den eiweißlosen dikotyledonischen Samen beobachtet, wo nicht selten sogar ziemlich dicke Samenlappen in die ersten grünen Blätter der keimenden Pflanze übergehen. Dabei behalten die Kotyledonen nur selten ihre frühere Größe bei, wie bei den Bohnen, wo sie sogar bald nach der Keimung zusammenschrumpfen und kleiner werden, sondern sie vergrößern sich meist sehr bedeutend, wie bei den Kreuzblüthigen, den Doldenpflanzen, der Buche und dem Kürbis.

In den allermeisten Fällen fängt zuerst das Würzelchen des Keimes an sich zu strecken; es verlängert sich, durchbricht die Samenhülle und strebt fast immer mit seiner Spitze abwärts in den Boden. Wenn der Same zufällig eine solche Lage erhalten hat, daß die Spitze des Würzelchens nach oben gekehrt war, so verlängert sich dieses zwar anfangs nach oben, aber bald krümmt es sich und seine Spitze kehrt sich nach unten. Diese Neigung des Würzelchens, abwärts oder überhaupt in den zur Ernährung der Pflanze bestimmten Boden zu dringen, ist so bestimmt ausgesprochen, daß es dabei oft sehr bedeutende, ihm in den Weg kommende Hindernisse zu überwinden vermag, und alle die zahlreichen Versuche, welche von jeher mit keimenden Samen angestellt wurden, um das sich dehnende Würzelchen von seiner gewohnten Richtung abzulenken, haben zulezt kein anderes Resultat geliefert, als die stete Bestätigung, daß die eingeborne Neigung, diese bestimmte Richtung zu verfolgen, durch nichts zu überwinden sey, und daß endlich das Würzelchen mit der ganzen Keimpflanze zu Grunde gehe, wenn ihm unübersteigliche Hindernisse bei Verfolgung dieser Richtung in den Weg gelegt werden.

Die Entfaltung des Keimpflänzchens beginnt später; es wird auf dem sich verlängernden Stengelchen (dem zwischen der Basis des wahren Würzelchens und der Samenlappen befindlichen Theile) sammt den Sammenlappen über den Boden emporgehoben, oder, wenn die Samenlappen im Boden zurückbleiben (wie bei den Erbsen und Bufbohnen), so tritt es von seinem eigenen Stielchen (d. i. dem ersten zwischen den Samenlappen und dem

Knöspchen liegenden Interfollartheile) getragen hervor und entfaltet seine nun grün werdenden Blätter dem Lichte.

Wie mit der verschiedenen Stellung und Zahl der einer Pflanze normal zukommenden Samenlappen zugleich die charakteristische Stellung der Gefäßbündel im Stamme und damit das allgemeine Wachsthumsverhältniß und die Tracht (das Gesammtansehen oder der Habitus) abweicht, so finden wir hiernach auch schon manche auffallende Verschiedenheit in der Entfaltung des Keimes zur jungen Pflanze. Wir wollen daher die Keimung der dikotyledonischen und monokotyledonischen Pflanzen in Kürze noch besonders betrachten. *)

§. 215.

Bei den dikotyledonischen Samen verlängert sich in der Regel das Ende des Keimwürzelchens unmittelbar zur Wurzel der keimenden Pflanze und ist von keiner besondern Scheide umgeben. Erst nachdem sich das Würzelchen schon bedeutend verlängert hat, bilden sich auf demselben die Lenticellen, aus welchen die seitlichen Wurzelzasern entspringen.

---

*) Es ist bei der Eintheilung der samentragenden Pflanzen in monokotyledonische (einsamenlappige) und dikotyledonische (zweisamenlappige) wohl zu merken, daß nicht immer gerade nur ein oder zwei Samenlappen vorhanden seyn müssen; sondern es kommt dabei hauptsächlich auch auf die Wechsel- oder Wirtelstellung der Samenlappen an, wie früher (I, S. 408) schon angegeben worden. Es kann sogar nur ein Samenlappen vorhanden seyn und dennoch die Pflanze zu den sogenannten Dikotyledoneen gehören, weil sie in der Stellung der Gefäßbündel im Stamme (s. I, S. 52) und in dem allgemeinen Wachsthumsverhältnisse desselben (§. 184) den Pflanzen dieser Abtheilung vollkommen entspricht, wie dieses unter andern bei den knollentragenden Arten der Gattung Lerchensporn (Corydalis) wirklich vorkommt. In andern Fällen, z. B. bei Pfefferarten und Cykadeen, haben wir (II, S. 63 und 64) gesehen, daß umgekehrt die Stellung der Gefäßbündel und zum Theil auch die Wachsthumsverhältnisse mit denen der Monokotyledoneen mehr übereinstimmen, während der Keim mit zwei Samenlappen versehen ist, wornach dann diese Pflanzen doch gewöhnlich den Dikotyledoneen beigezählt werden. Es müssen demnach alle genannten Verhältnisse wohl erwogen werden, um bestimmen zu können, welcher Abtheilung der Samenpflanzen solche abweichende Bildungen beizuzählen seyen.

In den Fällen, wo die Samenlappen über die Erde hervortreten, streckt sich das Stengelchen unterhalb derselben, welches im Keim meist noch nicht von dem Würzelchen zu unterscheiden war, und hebt die Samenlappen, nebst dem gewöhnlich wenig entwickelten Knöspchen, über den Boden. Es bildet sich dann der sogenannte Wurzelhals (d. i. die Stelle, in welcher das Wachsthum nach oben und unten sich scheidet) zwischen den Samenlappen und der Wurzelspitze. So kann man es leicht beim Keimen der Bohnen, Kürbisse, Wolfsmilch-Arten, so wie der Wunderblume (Mirabilis) und des Wunderbaums (Ricinus) beobachten. Auf ähnliche Weise geht das Keimen der vielsamenlappigen Samen der Fichten-Arten (Pinus) vor sich, bei welchen die schmalen Samenlappen ebenfalls über die Erde gehoben werden, noch längere Zeit, oben von der Samenhülle bedeckt, in Form eines bauchigen Körbchens zusammengeneigt bleiben und bei ihrer endlichen Ausbreitung zwischen sich das noch sehr kleine Knöspchen erkennen lassen.

Bei dem Keime, dessen Samenlappen nicht über den Boden hervortreten, streckt sich nur das Stielchen des Knöspchens nach oben und wird zum Stengel, während die Scheidelinie des Wachsthums an der Stelle, wo die Samenlappen angeheftet sind, liegt, also das ganze Keimwürzelchen zur Wurzel der jungen Pflanze wird. So sieht man es bei den keimenden Erbsen, Bufbohnen (Vicia Faba) und den Samen der Roßkastanie. Bei den leztern, wo die dicken Samenlappen größtentheils zusammengewachsen sind, bricht das gestielte Knöspchen aus einer Spalte am Grunde des Samenlappenkörpers hervor und erhebt sich über die Erde.

Auf die hier beschriebenen Weisen verhält sich nun die Keimung der Dikotyledoneen in den meisten Fällen. Es gibt jedoch auch mancherlei Abweichungen von diesem gewöhnlichen Gange der Keimung, die zwar jedesmal schon in der ursprünglichen Bildung des Keimes begründet sind, durch welche aber gerade diese leztere oft erst deutlich erkannt wird. Solche Abweichungen finden sich in der Entfaltungsweise aller Theile des Keims. So sehen wir an dem Keime der Kapuzinerkresse (Tropaeolum), daß sich nicht das ursprüngliche Würzelchen verlängert, sondern daß dieses von einer aus seinem Innern hervorgehenden

Masse durchbrochen wird, die sich zur Wurzel der jungen Pflanze verlängert, während das eigentliche Keimwürzelchen, in Gestalt eines zerschlizten Scheidchens, um die Basis derselben zurückbleibt [1]). Dagegen ist der Keim der Nelumbo-Arten (aus der Familie der Nymphäaceen) dadurch ausgezeichnet, daß das ohnehin nur sehr undeutlich ausgeprägte Keimwürzelchen sich bei der Keimung gar nicht zur Wurzel verlängert, indem nur das Stielchen des Knöspchens (der erste, schon im Keime vorgebildete Interfoliartheil — s. I, S. 411) sich nach oben streckt und erst später um den Grund der Blattstiele Lenticellen und Wurzelzasern treibt, so daß hier schon von Anfang an eigentlich gar keine Scheidelinie des entgegengesezten Wachsthums, also kein sogenannter Wurzelhals gegeben ist. In diesem Falle wird die ganze nach oben wachsende Pflanze so lange von den dicken Samenlappen ernährt, bis das Stengelchen seine Wurzelzasern getrieben hat und nun vermittelst derselben die Nahrungsflüssigkeit aus seiner Umgebung einsaugen kann.

Das Stengelchen wächst in den Fällen, wo die Samenlappen über den Boden emportreten, nicht blos nach oben, sondern bringt oft auch bis zu einer bedeutenden Tiefe in die Erde und schiebt dadurch gleichsam das Würzelchen vor sich her noch tiefer in den Grund hinab. Dieses kann man besonders deutlich bei solchen Pflanzen sehen, deren Stengelchen über der Wurzel später knollig anschwillt und zum verdickten Stocke wird, wie bei Arten der Gattungen Löwenblatt (Leontice vesicaria, L. altaica), Zahnwurz (Dentaria), Lerchensporn (Corydalis cava *Wahlenb.*, C. Halleri *Willd.*) und bei dem knolligen Kümmel oder der Erdkastanie (Carum Bulbocastanum *Koch.* — Bunium Bulbocastanum *Lin.*). Bei allen hier genannten Pflanzen ist noch das Merkwürdige, daß ihr Keim ohne Knöspchen ist, und daß ausserdem bei den erwähnten Lerchensporne n und der Erdkastanie sogar nur ein einziger Samenlappen vorkommt, obgleich diese Pflanzen wegen ihres ganzen übrigen Baues, hauptsächlich aber wegen ihrer Gattungsverwandten, welche zwei deutliche Samenlappen besitzen,

---

[1]) Bischoff, Hand. d. bot. Terminol. und Systemk. T. 44. Fig. 2044, A, d.

unläugbar den Dikotyledoneen beigezählt werden müssen. Bei der Keimung kommen von den Zahnwurz- und Löwenblatt-Arten die beiden Kotyledonen, von den andern der einzelne Samenlappen zwar über die Erde hervor; aber das Stengelchen, welches im lezten Falle nur den Blattstiel des Samenlappens darstellt, dringt zugleich mehrere Zoll tief in den Boden und schwillt nach einiger Zeit an seinem Grunde, über dem Würzelchen, zu einem kleinen Knollen an [1]). Es bildet sich dann im ersten Jahre kein Stengel über den Samenlappen aus, sondern diese sterben mit ihrem Stiele bis auf den unter der Erde liegenden Knollen ab, und aus diesem, welcher nun den bleibenden Stock der Pflanze darstellt, entwickeln sich erst in den folgenden Jahren die zum Stengel auswachsenden Knospen, bei deren Ernährung der knollige Stock die längst verschwundenen Samenlappen ersezt *).

---

[1]) Bischoff, Handb. d. bot. Terminol. u. Systemk. T. 44. Fig. 2042.

*) Bei der europäischen Erdscheibe (Cyclamen europaeum), wo sich ebenfalls ein knolliger Stock unter der Erde bildet, ist der lezt-tere schon in dem verdickten Würzelchen des Keimes (Bisch. a. a. O. Fig. 2010, b) angedeutet; es ist also hier das Würzelchen, welches sich unmittelbar zu diesem Stocke vergrößert. An dem Keime ist zwar auch nur ein einziger Samenlappen deutlich zu erkennen, welcher bei der Keimung, wie bei Corydalis, über die Erde hervortritt; aber neben dem verlängerten Kotyledonarstiel erblickt man nach der Keimung, auf dem knolligen Stocke, noch ein kleines Höckerchen (a. a. O. Fig. 2040, c), welches nichts anders zu seyn scheint, als die Andeutung eines zweiten Kotyledonarstiels, dessen Blattscheibe nicht zur Entwicklung kam, so daß hier schon der Uebergang von dem einsamenlappigen Keime der Lerchensporne zu dem zweisamenlappigen, aber knöspchenlosen der Löwenblatt- und Zahnwurz-Arten gegeben ist. Vergleichen wir nun noch damit den Keim der Wassernuß (Trapa natans) (a. a. O. Fig. 1996, A—E), wo über dem Keimwürzelchen (B c, D b) ein sehr großer, die ganze Fruchthöhle ausfüllender Samenlappen (A, B a) vorkommt, so werden wir in der kleinen Schuppe (B b, D a), welche seitlich am Grunde des kurzen Stiels jenes Samenlappens sizt, ebenfalls die Andeutung eines zweiten Kotyledonarstiels um so weniger verkennen, als zwischen dieser Schuppe und dem Stiele des vollständig entwickelten Samenlappens ein deutliches Knöspchen (E c) verborgen liegt. Dadurch ist nun aber eine weitere Uebergangsstufe von jenen knöspchenlosen Keimen zu den vollständigen dikotyledonischen gegeben.

An dem Keime mancher Pflanzen sind dagegen die Samenlappen so wenig entwickelt, daß sie nicht zur Ernährung des keimenden Pflänzchens beitragen können. So sehen wir es bei den mit einem fleischigen, blattlosen Stamme versehenen Wolfsmilch-Arten (Euphorbia canariensis etc.), bei vielen Fackeldisteln (Cactus Melocactus und den verwandten)[1]) und bei den Clusien[2]); bei andern, unläugbar zu den Dikotyledoneen gehörigen Pflanzen, sind gar keine Samenlappen zu erkennen, wo dann der Keim einen ganz gleichförmigen Körper darstellt, wie wir ihn schon (I, S. 405) bei dem Wasserschlauch (Utricularia), dem Topfbaum (Lecythis), der Bertholletie und der Flachsseide (Cuscuta) kennen lernten. In allen diesen Fällen übernimmt, statt der Samenlappen, derjenige Theil, welcher am stärksten entwickelt ist, die Ernährung des keimenden Pflänzchens; so bei den erwähnten Wolfsmilch-Arten und Fackeldisteln das dicke Knöspchen, bei den Clusien das sehr große Keimwürzelchen, bei den übrigen der ganze Keimkörper, in welchem alle Theile verschmolzen sind. Wo jedoch noch ein Eiweißkörper vorhanden ist, wie bei den Wolfsmilch-Arten und der Flachsseide, da liefert dieser, wie in den gewöhnlichen Fällen, die erste Nahrung für das Pflänzchen, bis dieses völlig aus der Samenhülle hervorgetreten ist.

Nur selten sieht man die Samenlappen schon vor der Keimung gestielt, wie bei der Zahnwurz- (Dentaria)[3]), auch bleiben die nicht über die Erde hervortretenden Kotyledonen immer ungestielt; desto häufiger aber bilden die über den Boden sich erhebenden während der Keimung ihre Stiele aus. Diese Kotyledonarstiele verwachsen auch zuweilen mit einander und bilden eine Scheide, welche in ihrem Grunde das Keimknöspchen birgt. Bei den Knöterich-Arten (Polygonum), wo die Scheide der Kotyledonarstiele nur kurz ist, steigt das Knöspchen oben aus dieser selbst hervor; bei vielen Doldenpflanzen (namentlich bei den meist ausländischen Arten der Gattungen Ferulago und Prangos) dringt aber nur das erste Blatt des Knöspchens oben aus dieser Scheide hervor

---

[1]) Bisch. a. a. O. T. 44. Fig. 1091, a. — [2]) Das. Fig. 2003, B b. — [3]) Das. Fig. 2000.

und die folgenden Blätter brechen am Grunde derselben durch eine Spalte heraus, und bei andern, wie bei dem gelben Erdknollen (Bunium luteum), ferner bei manchen Rittersporn en (Delphinium fissum) und bei der virginischen Göttergabe (Dodecatheon Meadia), durchbricht das ganze Knöspchen die zur Scheide verwachsenen Kotyledonarstiele, so daß es scheinbar den Kotyledonen zur Seite steht, obgleich auch hier der Ursprung der Samenlappen offenbar unter dem des Knöspchens zu suchen ist.

Es mag aber das Knöspchen in dem Samen vorgebildet seyn oder erst nach der Keimung sich entwickeln, so sieht man dasselbe doch immer nur über dem Grunde oder der Anheftungsstelle der Samenlappen entspringen. Nur sehr selten bilden sich, ausser diesem gipfelständigen Knöspchen, nach der Keimung auch noch seitliche Knospen unterhalb der freien Scheibe der Kotyledonen, wie bei manchen Leinkräutern (Linaria arenaria), wo sie aus dem Wurzelhalse, um das die Samenlappen tragende Stengelchen herum, entspringen und in Nebenstengel auswachsen, dann bei mehreren Wolfsmilch-Arten (Euphorbia Lathyris, Fig. 280 b, E. exigua, E. heterophylla), wo sie aus dem Stengelchen selbst unter den Samenlappen sich entwickeln, und sich zu Aesten desselben entfalten, in welchem Falle wir sie schon früher (I. S. 219) als zerstreute Knospen kennen lernten *).

§. 216.

Bei der Keimung der monokotyledonischen Samen tritt das Würzelchen des Keims im Allgemeinen zwar auch zuerst hervor und verhält sich in manchen Fällen wie das Würzelchen der meisten zweisamenlappigen Keime; oft verlängert es

*) Diese von der allgemeinen Regel mehr oder weniger abweichenden Beispiele, welche in Bezug auf die Metamorphosenlehre manchen schönen Aufschluß geben können, mögen hier genügen. Eine weitere Aufzählung solcher Fälle würde uns zu sehr von unserm Ziele entfernen. Man findet darüber noch viele wichtige Angaben, besonders in Bernhardi's Abhandlung „über die merkwürdigsten Verschiedenheiten des entwickelten Pflanzenembryo und ihren Werth für Systematik“ (Linnäa, Bd. VII. 1832. S. 561—613. Taf. XIV), woraus die hier angegebenen auch größtentheils entlehnt sind.

sich aber auch nicht zur Wurzel, sondern wird von der ersten Wurzelzaser durchbohrt und bleibt als ein kurzes Scheidchen um den Grund derselben stehen, gerade so, wie wir es bei dem Keime der Kapuzinerkresse gesehen haben. Ein auffallender Unterschied zeigt sich bei der Keimung der einsamenlappigen Pflanzen noch darin, daß das Knöspchen sich in der Regel nicht, wie bei den Dikotyledoneen, vor seiner Entfaltung auf einem Stielchen (dem untersten Interfoliartheil) erhebt; sondern es entfalten sich meist die am Keime schon vorgebildeten Blättchen des Knöspchens vollständig, ohne daß sich ihre Interfoliartheile strecken, und erst zwischen den später nach der Keimung (im Verlaufe des Wachsthums der jungen Pflanze) erzeugten Blättern bilden sich verlängerte Interfoliartheile aus.

Die Erscheinungen beim Keimungsprocesse der einsamenlappigen Pflanzen sind jedoch bei verschiedenen Familien ziemlich abweichend, und es lassen sich (nach Richard*) drei Hauptmodifikationen der Keimung unterscheiden, auf welche die Keimungsweisen der meisten Pflanzen dieser Klasse zurückzuführen sind.

Die einfachste Keimungsweise findet sich bei denjenigen Keimen, welche einen gipfelständigen, verlängerten, dünnen Samenlappenkörper und ein wenig verdicktes Wurzelende haben, wie bei den Liliaceen, den Amaryllideen [1]) und manchen Najadeen (Potamogeton [2]), Zannichellia [3]) u. a.). Hier verlängert sich das untere Ende des Würzelchens zur ersten Wurzel und dringt in den Boden, während der häufig gebogene oder eingerollte Samenlappenkörper sich nach oben streckt und über den Boden hervortritt, wobei derselbe gewöhnlich auf seinem obern verdünnten Ende die Samenhülle emporhebt, wie man dieses z. B. bei dem keimenden Zwiebelsamen [4]) sehen kann. Er wird dann zu einem fadenförmigen, meist grünen Blättchen, welches an seinem Grunde in einer Höhlung das Knöspchen einschließt [5]). Dieses bricht später seitlich oder an der Spitze des blattartig oder häutig gewordenen Samenlappens hervor und wird von dem

*) L. C. Richard, Analyse der Frucht und des Samenkorns; übersezt von F. S. Voigt; Leipzig 1811. S. 93—94.

[1]) Bischoff, Handb. d. bot. Terminol. u. Systemk. T. 43, Fig. 1898, B. — [2]) Das. Fig. 1928. T. 44. Fig. 1977, 1979. — [3]) Das. Fig. 1978. — [4]) Das. Fig. 2045, A. B. — [5]) Das. Fig. 2045, C. —

leztern, wie von einer Scheide, umgeben, so daß hier der Samenlappen sich ganz deutlich als das erste Blatt des keimenden Pflänzchens darstellt.

Weniger einfach ist der Hergang bei der Keimung der Palmen, Scitamineen, Asparagineen, Commelineen u. a., deren Keim [1]) zwar auch mit einem gipfelständigen, jedoch meist dicken und kürzern Samenlappenkörper versehen ist. Bei den Palmen bricht das untere Ende des Keimes zur Seite des Samens hervor, biegt sich nach unten und verlängert sich zu einem stielartigen Körper [2]); dann erst streckt sich das Würzelchen und dringt bis zu einer bedeutenden Tiefe in den Boden [3]). Der verlängerte, gleichsam von dem Wurzelende aus dem Samen hervorgezogene Theil des Keims, welcher nichts anderes ist als der Stiel des im Samen zurückbleibenden Samenlappens, ist nach oben fest; nach unten stellt er aber eine Scheide dar, in deren Grunde das Knöspchen eingeschlossen ist [4]). Diese Scheide liegt entweder tiefer als der feste Stiel des Samenlappens, wie bei der gewöhnlichen Dattelpalme (Phoenix dactylifera), oder sie verlängert sich über die Insertionsstelle des Stiels in Gestalt einer Tute, wie bei der kalten Schirmpalme (Corypha frigida). Die verdickte Blattscheibe des Samenlappens, welche anfangs nur sehr klein war, vergrößert sich während der Keimung ungemein, indem sie den Eiweißkörper des Samens großentheils verdrängt oder vielmehr aufzehrt, wobei alle Zellen des eingeschlossenen Samenlappens sich erweitern und zwischen denselben sehr große Intercellulargänge und Räume entstehen, so daß seine ganze Masse ein lockeres und schwammiges Ansehen erhält. Das Knöspchen streckt sich nun auch nach oben und tritt über die Scheide des Kotyledonarstiels durch eine schon im Samen angedeutete Ritze hervor [5]). Das erste Blättchen des Knöspchens besteht nur aus einer Scheide ohne Blattscheibe und ist an der Spitze auch mit einer solchen Ritze versehen, durch welche eben so das zweite Blättchen des Knöspchens hervortritt, das in vielen Fällen ebenfalls noch eine nackte Scheide

---

[1]) Bischoff, Handb. d. bot. Terminol. u. Systemk. Tab. 43, Fig. 1936, 1937, 1942, 1944. Tab. 44. Fig. 1966, A. — [2]) Das. Fig. 1965, A. — [3]) Das. C, c. — [4]) Das. B, b, c. — [5]) Das. C, b.

bildet; daher die nun folgenden Blätter an ihrem Grunde immer von zwei oder drei häutigen Scheiden umschlossen werden. Die erste, senkrecht absteigende Wurzel der jungen Pflanze verschwindet später (eben so, wie bei der zuerst beschriebenen Keimungsweise) und wird durch neue, aus dem Wurzelhals und der Basis des Stockes hervorgehende Wurzelzasern ersezt, wodurch der polare Gegensatz des Wachsthums bald aufgehoben wird. Den Palmen am ähnlichsten verhalten sich die Samen der Commelineen (Commelina, Tradescantia), deren kleiner Keim auch eben so mit einer deckelförmigen Keimwarze (I, S. 398) bedeckt ist. Bei den Scitamineen (Canna) und Asparagineen (Asparagus, Ruscus) bleibt aber der aus dem Samen hervortretende Kotyledonarstiel meist sehr kurz, so daß die Kotyledonarscheide ganz nahe neben dem Samen steht [1]).

Als eine dritte Modifikation betrachtet Richard die Keimung der Samen mit einem sehr großen Samenlappenkörper, welchem das Knöspchen, in die Kotyledonarscheide eingehüllt, seitlich anliegt, wie bei den Gräsern [2]), bei manchen Najadeen (Ruppia) [3]), (Zostera) [4]) und bei dem Froschbiß Hydrocharis) [5]). Auch bei den Gräsern tritt zuerst das Keimwürzelchen aus der Frucht- und Samenhülle hervor, verlängert sich aber nur wenig, indem sein stumpfes Ende sich scheidenartig öffnet und der eigentlichen (als inneres Höckerchen vorgebildeten) Wurzelzaser den Austritt gestattet [6]). Dann folgt die über dem Keimwürzelchen liegende Kotyledonarscheide [7]), welche sich an der Spitze in einer Spalte öffnet und das erste scheidige Blättchen des Knöspchens hervortreten läßt, dem nun nacheinander die übrigen Blätter des leztern folgen. Die Hauptmasse des Samenlappenkörpers bleibt auch hier in dem Samen zurück, ohne sich jedoch, wie bei den Palmen, zu vergrößern; sie schickt aber noch aus andern schon vorhandenen oder neu sich bildenden Wurzelknötchen (Lenticellen) nach und nach mehrere Wurzelzasern aus [8]), durch welche sich das Pflänzchen immer stärker im Boden befestigt. Hier ist also das Keimwürzelchen selbst eigentlich nur

---

[1]) Bisch. a. a. O. T. 44, Fig. 1966, B. — [2]) Das. Fig. 1968—1976. — [3]) Das. Fig. 1963. — [4]) Das. Fig. 1964. — [5]) Das. Fig. 1983. — [6]) Das. Fig. 1974, D c. — [7]) Das. A c, D b b. — [8]) Das. A e, D d.

ein Wurzelknötchen, und durch die fast gleichzeitige Entwicklung mehrerer Wurzelzasern aus solchen Knötchen ist schon von Anbeginn die Anlage zu einer büscheligen Faserwurzel gegeben und der rein polare Gegensatz des Wachsthums aufgehoben.

So verschieden aber auch die Keimung der Gräser von jener der Palmen im Allgemeinen erscheint, so gibt es doch zahlreiche Uebergänge zwischen beiden Keimungsweisen. Schon bei den Fennich-Gräsern (Panicum capillare) [1]) bildet sich bei der Keimung, ähnlich wie bei Palmen, ein Kotyledonarstiel, durch welchen die das Knöspchen einschließende Scheide von dem im Samen zurückbleibenden Samenlappen entfernt wird. Die mit den Gräsern nahe verwandten Cyperaceen (Cyperus, Scirpus, Cladium) stimmen aber in ihrer Keimungsweise schon mehr mit den Scitamineen und Asparagineen überein, so daß der Keimungsproceß der monokotyledonischen Samen, deren Samenlappenkörper unter dem Boden zurückbleibt, im Ganzen viel Uebereinstimmendes zeigt.

Bei dem Wasserriemen (Zostera) und dem Froschbiß (Hydrocharis) scheint ferner ein analoger Fall gegeben zu seyn, wie bei Nelumbo-Arten, wo nämlich bei der Keimung kein Würzelchen sich entwickelt, sondern erst später aus dem Stengelchen unter dem Grunde der Blätter die Wurzelzasern entspringen. Bei den Wasserlinsen (Lemna) ist es endlich durch L. C. Richard's treffliche Beobachtungen*) erwiesen, daß das Keimwürzelchen sich nicht zur Wurzel der jungen Pflanze verlängert, so wie überhaupt die Keimung dieser Pflanzen, durch das Hervorbrechen des laubartigen Knöspchens aus dem sich spaltenden Samenlappen, schon sehr an die Keimung mancher Sporenpflanzen, namentlich der Salvinien, erinnert.

Von der Keimung der Sporen.

§. 217.

Ueber die Dauer der Keimfähigkeit der Sporen sind zwar nur wenige Beobachtungen bekannt; daß sie aber mitunter sehr

---

[1]) Bernhardi a. a. O. S. 587. Tab. XIV, Fig. 9, b.

*) Reliquiae Richardianae ad analysin botanicam spectantes (Archives de Botanique. T. I. p. 205. Tab. 6).

lange keimfähig bleiben, ist wahrscheinlich. Dafür sprechen die oben angeführten Keimversuche, welche Willdenow mit 17 Jahre alten Farnsporen anstellte. Auch die Sporen der Characeen müssen ihre Keimfähigkeit sehr lange beibehalten können, weil nach dem Wiederanfüllen von Teichen, welche lange Zeit hindurch ausgetrocknet lagen und in welchen früher Charen gewachsen, dieselben plötzlich wieder zum Vorschein kommen, sobald den im Boden liegenden Sporen auf diese Weise die zum Keimen und Wachsthum erforderlichen Bedingungen wiedergegeben werden. Daß ferner die Sporen eben solche Temperaturveränderungen wie die Samen vertragen und zum Theil einen noch höhern Wärmegrad auszuhalten vermögen, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren, ist nicht zu bezweifeln. Dafür spricht einerseits die Verbreitung vieler Sporenpflanzen bis zur Grenze des ewigen Schnees und Eises, sowohl gegen den Nordpol als gegen den Gipfel der höchsten Gebirge hin, anderseits aber ihr Vorkommen in den meisten heißen Quellen *).

Die Art und Weise, wie die Entwicklung der kryptogamischen Gewächse aus den Sporen geschieht, ist von dem Keimungsakte der mit Samen versehenen Phanerogamen ganz verschieden. Während bei der Keimung der Samen der in denselben schon vorgebildete Keim sich unmittelbar zu der jungen Pflanze entfaltet, muß sich aus den Sporen, die keinen Keim enthalten, ein solcher erst während der Keimung erzeugen. Wir sehen daher aus dem gleichförmigen Inhalte der keimenden Spore immer erst

---

*) Sowohl in den Polarländern als auf den Alpen machen die kryptogamischen Zellenpflanzen überall den Beschluß der Vegetation gegen die nie mehr aufthauenden Schnee- und Eisregionen, und das schneebewohnende Urkorn (Protococcus nivalis *Ag.*) überzieht sogar die Schneefelder in der Nähe des Nordpols auf weite Strecken mit einer blutrothen Decke. Das Vorkommen von Algen, namentlich von Haut- und Fadenalgen (Ulvaceen und Confervoiden) in warmen Quellen, ist bekannt. In welcher hohen Temperatur zuweilen das vegetabilische Leben ausdauern könne, ergibt sich aus dem Berichte von John Daulby in Liverpool, welcher eine Chara aus Island mitgebracht hat, die er in einer heißen Quelle der Insel fructificirend fand, worin, seiner Angabe zufolge, ein Ei binnen vier Minuten gekocht wurde. (Froriep's Notizen. 1833. Bd. XXXVI, S. 58).

nach und nach ein zelliges Gebilde entstehen, welches in den wenigsten Fällen (wie bei Characeen, Confervoiden und Fadenpilzen) einen der Mutterpflanze gleichen Bau zeigt und dann auch unmittelbar in eine der leztern ähnliche Pflanze auswächst (Fig. 162, E, abc. Fig. 212, D — H. Fig. 224, C), sondern meist einen einfacheren, von dem der ältern Pflanze mehr oder weniger verschiedenen Bau besizt und dann erst aus sich selbst die junge, dem eigentlichen Keimpflänzchen der Samen entsprechende Pflanze erzeugen muß, so daß dasjenige, was im Samen schon vor der Keimung gegeben war, aus der Spore erst geraume Zeit nach der Keimung und mit Durchschreitung mehrerer deutlich unterscheidbaren Entwicklungsstufen hervorgeht. Diese Erzeugung eines primitiven Keimgebildes oder eines Vorkeims, welcher der später erscheinenden Keimpflanze gleichsam zum Boden dient, ist bis jezt bei allen kryptogamischen Gefäßpflanzen und unter den Zellenpflanzen nicht blos bei den mit zweierlei Zeugungsorganen versehenen, nämlich den Moosen und Lebermoosen, sondern auch bei den Flechten und den höhern Pilzen beobachtet worden.

Bei den Schafthalmen bildet sich ein krauses, aus zerschlizten Läppchen bestehendes Polster, woraus nach einer gewissen Zeit die Keimpflanze sich entwickelt [1]). Bei den Farnen sieht man zuerst ein zartes, dem Laube eines Lebermooses ähnliches Blättchen aus der keimenden Spore entstehen, auf dessen Rückfläche erst später, aus einer grünen warzenförmigen Anschwellung das wirkliche Keimpflänzchen hervorbricht [2]). Bei Rhizokarpen bilden sich sogar zwei verschiedene Vorkeime nacheinander aus, bevor das junge Pflänzchen erscheint [3]). Diesem geht bei den laubstengeligen Lebermoosen (den Jungermannien und Marchantieen) nur ein zärteres Blättchen, von einfacherem Zellenbau voraus, und aus den Sporen der Moose entspringen gegliederte Zellenfäden, die den Boden, gleich einer ästigen Conferve, überziehen und auf welchen die jungen Pflänzchen in Gestalt kleiner Knöspchen sich erheben. Die Sporen der Flechten treiben ebenfalls bei der Keimung in Fäden aus, welche entweder

---

[1]) Bischoff, Handb. d. Terminol. u. Systemk. T. 48 Fig. 2211. — [2]) Das. T. 51. Fig. 2383—2386. — [3]) Das. T. 48, Fig. 2237—2239.

in die Rindensubstanz der Bäume eindringen oder dem Boden überhaupt angedrückt sind, dabei ineinander überlaufen (anastomosiren), oft strahlig von einem Mittelpunkt ausgehen und zuweilen so fest zusammenkleben, daß man die einzelnen Fäden kaum mehr unterscheiden kann, bis sie endlich zu einem schwärzlichen oder verbleichten Flecken sich vereinigen oder auch in eine staubige Masse zerfallen und einen Vorkeim bilden, woraus erst später das Lager sich erzeugt. Bei den Pilzen der höhern Bildungsstufen, nämlich bei den Schlauchschicht-Pilzen (Hymenomycetes), den Kernpilzen (Pyrenomycetes), den Bauchpilzen (Gasteromycetes) und selbst bei vielen Fadenpilzen (Hyphomycetes) bildet sich auch zuerst ein solches fadiges Gewebe aus, welches oft weit über oder unter dem Boden hinkriecht und eine einem Wurzelfilz ähnliche Masse darstellt (Fig. 163, a b. Fig. 165, a. Fig. 175, a. Fig. 195, B. Fig. 206, B) oder auch zu einer häutigen Ausbreitung zusammenfließt (Fig. 196, A, B b), woraus sich dann erst der fruchttragende Pilz entwickelt *).

Diese Vorkeime der Sporenpflanzen können mehrere Wochen, ja Monate lang für sich bestehen und fortwachsen, indem sie bei den meisten kryptogamischen Gefäßpflanzen und den mit doppelten Zeugungsorganen versehenen Zellenpflanzen zahlreiche Wurzelhaare treiben, vermittelst deren sie sich auf dem Boden befestigen und aus diesem zum Theil auch ihre Nahrung aufnehmen, bevor die eigentliche Keimpflanze aus ihnen hervorgeht. Diese wird dann noch so lange von dem Vorkeim ernährt, bis sie selbst stark genug ist, ihre Nahrung aus dem Boden aufzunehmen und zuzubereiten, worauf jener allmälig abstirbt und verschwindet. Bei den Flechten und bei vielen Pilzen dauert aber der

*) Die Keimung der Pilze und ihre Ausbildung bis zur Fruchtreife ist vorzüglich schön von Ehrenberg (De Mycetogenesi; — Nov. Acta physico-mediea Acad. caesar. Leopold. Carolin. nat. curios. T. X. p. 193 — 218. Tab. 10 — 14) dargestellt worden, wo dieser scharfsichtige Beobachter die Bildung des Unterlagers und aus diesem der fruchttragenden Theile von mehreren Fadenpilzen (Oideum fructigenum und Mucor stolonifer), Bauchpilzen (Erysiphe guttata und E. communis) und von einem Schlauchschichtpilze (Clavaria canaliculata) ausführlich beschrieben und vortrefflich abgebildet hat.

Vorkeim oft das ganze Leben der Pflanze aus, wo derselbe dann vorzugsweise als Unterlager (I, S. 116) bezeichnet wurde. Bei manchen Schlauchschicht-Pilzen besteht sogar dieses Unterlager mehrere Jahre fort und überlebt verschiedene Generationen der aus ihm hervorgegangenen Pilze, so daß man z. B. den eßbaren Blätterpilz oder Champignon (Agaricus campestris) durch Zertheilung des Unterlagers auf künstliche Weise vermehren kann.

Wenn wir nun diese Keimungsweise der Sporen ohne vorgefaßte Meinung mit dem Keimungsakte der Samen vergleichen, so werden wir erkennen, daß der Vorkeim keineswegs, wie Manche wollen, dem Samenlappenkörper der phanerogamischen Pflanzen gleichzustellen sey. Der Samenlappenkörper ist nur ein integrirender Theil des im Samen schon gebildeten Keimes, dessen erstes Blatt oder ersten Blattwirtel er darstellt; er kann sich daher auch nur als ein dem Keime selbst angehöriger und von ihm abhängiger Theil, zugleich mit diesem entfalten, und wir sehen ihn sogar oft unter der Erde zurückbleiben, ohne sich während der Keimung weiter auszubilden. Der Vorkeim der Sporenpflanzen ist dagegen nicht in der Spore vorgebildet; er entwickelt sich erst während der Keimung allmälig aus dem Sporeninhalte; er wächst, indem er seine eigenen Wurzelhaare treibt und vermittelst dieser sich bald selbst ernährt, und stellt also gleichsam ein selbstständiges, auf einer niedrigern Stufe der Organisation befindliches Wesen dar, ohne ein Theil des Keimes zu seyn, der sich erst aus ihm entwickeln soll. Wollte man daher eine Vergleichung zwischen der Spore und dem Samen versuchen, so müßte man bis zum Eichen der Samenpflanzen zurückgehen, wo sich in dem Keimsack (I, S. 365) ein dem Vorkeim der Sporenpflanzen weit mehr vergleichbarer Theil darbietet als im Samenlappenkörper. Denn wie sich aus dem Keimsack (Fig. 350, d) der Keim im Innern (e) oder selbst auf der Außenfläche [1]) entwickelt, so sehen wir die Keimpflanze auch aus dem Vorkeime hervorgehen, aus welchem diese Keimpflanze eben so, wie der Keim aus dem Keimsack, zugleich die erste

---

[1]) Bischoff, Handb. d. bot. Terminol. u. Systemk. T. 35. Fig. 1397, e f. Fig. 1598.

Nahrung empfängt. Es würde dann, wenn diese Vergleichung richtig ist, selbst der unmittelbar den Keim erzeugende Theil, der im Samen schon vorgebildet ist, sich bei der Keimung der Spore erst außerhalb derselben bilden, und bei den Rhizokarpen, wo sich ein zweifacher Vorkeim findet, müßte dann der zuerst erscheinende [1]) sogar mit der Kernhaut des Eichens (Fig. 350, c) verglichen werden, während der zweite aus jenem ersten hervorbrechende Vorkeim [2]) dem Keimsack entspräche, aus welchem erst die Keimpflanze hervorgeht.

Weniger deutlich ist der Vorkeim bei den Algen ausgesprochen, wo er meist nur noch eine scheibenförmige oder knollige Ausbreitung, die sogenannte Wurzel, von gleichem Bau wie die übrige Pflanze, bildet, wie man dieses bei den Tangalgen, bei vielen Blüthalgen und bei einigen Hautalgen beobachtet. Selten kommt aus diesem kleinen Unterlager erst noch ein anderer, eigenthümlich gestalteter Körper hervor, wie bei dem riemenförmigen Tang (Fucus loreus), wo sich aus einer kleinen schildförmigen Ausbreitung ein Anfangs fast kugeliger, hohler Körper erhebt, welcher später in einen gestielten Kelch auseinander geht und aus seiner Mitte die langen, riemenförmigen, wiederholt gabelspaltigen Lagerstämme hervortreten läßt *). Bei den meisten Fadenalgen ist dagegen während der Keimung gar keine, einem Vorkeime vergleichbare Bildung wahrzunehmen. Ihre Sporen treiben, nachdem sie sich meist etwas verlängert haben, fadenförmige Fortsätze bald nur an einem, bald an beiden Enden, die sich zu den der Mutterpflanze ähnlichen Fäden verlängern (Fig. 162, E. Fig. 211, E) und bei denjenigen Arten, welche gegliederte (d. h. aus zahlreichen, aneinander gereiheten Zellen bestehende) Fäden besitzen, schon sehr frühe dieselbe Gliederung und eine gleiche Lagerung der körnigen Masse in ihrem Innern, wie bei der erwachsenen Pflanze, zeigen. Bei den Mougeotalgen (Zygnema) sieht es (nach Vaucher's Beobachtungen) aus, als ob die Sporen in zwei Lappen auseinander gingen (Fig. 224, C), worauf aus ihrer

---

[1]) Bischoff, Handb. d. bot. Terminol. u. Systemk. T. 48. Fig. 2237, 2238, a. — [2]) Das. Fig. 2238, b. 2239, c.

*) *Lyngbye*, Tentamen Hydrophytologiae danicae. Tab. 8. Fig. A.

Mitte ein gegliederter Faden hervortritt, der sich aber bald von der Spore trennt und ohne Anheftung, frei im Wasser schwimmend, fortwächst. Bei andern Confervoiden schwillt das unterste Glied des jungen Fadens an und heftet sich auf dem Boden oder sonst an einem festen Körper im Wasser an, und bei Vaucherien entsteht, wie schon früher (I, S. 121) bemerkt, aus der schleimigen, am untern Ende des Fadens austretenden Materie ein einer Haarwurzel ähnliches Haftorgan, vermittelst dessen das junge Pflänzchen sich so fest auf andere Körper anklebt, daß es eher zerreißt als sich davon wegbringen läßt, und mit bedeutender Schnellkraft zurückfährt, wenn man das freie Ende in eine andere erzwungene Lage bringt und dann wieder frei läßt. Besonders merkwürdig ist noch die lebhafte Bewegung, welche die Sporen nach ihrem Austreten aus der Mutterpflanze und vor ihrer Keimung bei den zulezt genannten und noch bei andern Fadenalgen zeigen, wie dieses früher schon (I. S. 449) angegeben wurde. Oft keimen die Sporen der Confervoiden schon in den Zellen der Mutterpflanze und die jungen Pflanzen treten dann daraus hervor (Fig. 224, C); bei dem Wassernetz (Hydrodictyon) ist es sogar Regel, daß sich die junge Pflanze innerhalb der röhrigen, zu einem maschigen Gewebe verbundenen Zellen aus dem grünen körnigen Inhalte erzeugt (Fig. 220, c) und als ein der Mutterpflanze ähnliches Gebilde, nur im verjüngten Maßstabe, hervortritt; so daß hier gleichsam das Beispiel einer lebendig gebärenden Pflanze gegeben ist.

Wie in den zulezt erwähnten Fällen die Entwicklung der Pflanzen kaum mehr mit der Keimung der höhern Kryptogamen verglichen werden kann, sondern schon mehr einer Entfaltung von Brutknospen sich nähert, so sieht man die Theilalgen (Diatomaceen) sich nur noch dadurch vermehren, daß sie in ihre einzelnen Glieder zerfallen (Fig. 230—239), welche für sich fortbestehen und wieder die Grundlage zu neuen Gliedern werden, wobei es höchst merkwürdig ist, daß häufig durch eine symmetrische Anordnung dieser Glieder sehr auszeichnete und eigenthümliche Gestaltungen hervorgerufen werden (Fig. 226 und 231). Es läßt sich also die Vermehrung dieser sonderbaren Gebilde nur noch als ein abwechselndes Sprossen und Auseinanderfallen der einzelnen Glieder betrachten.

Unter dieser Algengruppe sind dann vorzüglich die Stückelalgen (Frustulia) (Fig. 238, 239) bemerkenswerth, durch die mehr oder minder lebhafte Bewegung, die man zu gewissen Zeiten an denselben wahrnimmt, wegen welcher, da man sie für eine thierische Bewegung nahm, diese einfachen Gebilde von den meisten ältern und vielen neuern Beobachtern dem Thierreiche beigezählt wurden, obgleich die andern Gattungen dieser Gruppe meist nur Wiederholungen der Formen dieser Gattung sind, indem sie gleichsam aus Frustulien zusammengesezte Bildungen darstellen. Da aber bei diesen zusammengesezten Formen keine thierische Bewegung mehr wahrgenommen wird, und dieselben in ununterbrochener Reihe sich endlich den Fadenalgen anschließen, so können wir sie so wenig, als die zur leztern Gruppe gehörigen, ebenfalls theilweise sich bewegenden Zitteralgen (Oscillatoria), von dem Pflanzenreiche trennen, und wenn wir den früher (I. S. 126) angeführten Satz: „ein jeder Naturkörper gehört zu derjenigen Gruppe, in der seine Reihe fortgesezt und seine Form weiter in höhere Formen entwickelt wird," wollen gelten lassen, so haben wir auch die einfachen, mit anscheinend freiwilliger Bewegung begabten Frustulien als vegetabilische Wesen zu betrachten *).

*) Agardh, Lyngbye, Kützing und viele Andere zählen die Frustulien, wie alle Diatomaceen, zu den Pflanzen, während Nitzsch dieselben zum Theil für pflanzliche, zum Theil für thierische Körper hält, und Ehrenberg, der wohl die genauesten Beobachtungen darüber angestellt, sie insgesammt für Thiere erklärt (man vergl. besonders dessen „Organisation in der Richtung des kleinsten Raumes. Dritter Beitrag. S. 112—114."). So verhält es sich noch mit manchen andern Wassergeschöpfen, den Seeschwämmen, Korallinen, Liagoren, Halimeden, Acetabularien u. a. m., welche von den meisten Naturforschern dem Thierreiche beigezählt, von einigen aber, da man noch kein entschiedenes thierisches Leben bei ihnen wahrgenommen hat, als Pflanzen betrachtet werden. Jede dieser entgegensezten Meinungen hat nicht unwichtige Gründe für sich; es ist daher nicht leicht, sich für die eine oder die andere bestimmt zu entscheiden. Die Folge davon ist, daß wir diese jedenfalls auf der Grenze zwischen dem Thier- und Pflanzenreiche stehenden Wesen großentheils in botanischen und zoologischen Schriften zugleich aufgeführt finden. Sie dürfen aber auch weder von dem gründlichen Botaniker, noch von dem Zoologen übersehen werden, da sie doch immer die Bindeglieder der beiden organischen Reiche bilden.

In dieser Annahme muß uns noch besonders die lebhafte Bewegung bestärken, welche die Sporen der unläugbar dem Pflanzenreiche angehörenden Vaucherien (wie schon I. S. 449 erwähnt) und noch anderer Fadenalgen, nach ihrem Austreten aus der Mutterpflanze bis zum beginnenden Keimungsakte, zeigen, wo bei der nämlichen Pflanze gewissermaßen ein Uebergang des ruhigen vegetativen in das bewegte infusorielle Leben und umgekehrt aus dem leztern wieder in das erstere gegeben scheint *).

§. 218.

Damit sind wir wieder zu den schon früher (I. S. 125) angedeuteten, schwankenden Bildungen gelangt, welche die sogenannte Priestley'sche grüne Materie ausmachen. Diese grüne Substanz, welche nicht blos in Pflanzenaufgüssen und in einem nicht völlig reinen, in offenen Gefäßen der Einwirkung des Sonnenlichtes ausgesezten Wasser entsteht, sondern auch im Freien in stehenden Gewässern und Sümpfen, auf feuchten Mauern, Dächern, Bäumen, auf der bloßen feuchten Erde, überhaupt überall da vorkommt, wo organische Stoffe, in Verbindung mit Wasser, der atmosphärischen Luft und dem Sonnenlichte ausgesezt sind, ist keine einfache Bildung, sondern besteht, wie sie namentlich im Freien in größern Massen angetroffen

*) Nach Ehrenberg (Beitr. zur Kenntn. d. Organisat. d. Infusor. u. ihrer geograph. Verbreit. S. 60) können die aktiven Bewegungen und Contraktionen bei Pflanzen und ihren Theilen, besonders bei Algen, nicht als ein Zeichen thierischen Lebens gelten. Auch bei den einfachsten Thieren, den Monaden, lassen sich nach diesem scharfsichtigen Beobachter eine Mundöffnung, zur Aufnahme selbst fester Stoffe, und innere Ernährungsorgane (zahlreiche Magen) nachweisen, was bei der beweglichen Algenspore nicht der Fall ist. Während Ehrenberg auch die kleinsten Monaden, die denselben im Wasser dargereichten Farbstoffe verschlucken und damit ihre Magen anfüllen sah, konnte er nie eine Aufnahme fester Nahrungsstoffe bei einer Algenspore wahrnehmen. Auf diese Weise würden sich dann die Gebilde der niedrigsten Stufen beider organischen Reiche durch die innere Organisation sehr gut unterscheiden lassen, wenn es nicht auf diesen Stufen Geschöpfe gäbe, über deren innere Organisation uns unsere optischen Hülfsmittel bis jezt immer noch in Zweifel lassen.

wird, aus Wesen verschiedener Art. Mit der genauern Untersuchung derselben haben sich in der neuern Zeit mehrere aufmerksame Beobachter beschäftigt, unter welchen vorzüglich Meyen*), Unger**) und Kützing***) zu nennen sind.

Nach den beiden Erstgenannten lassen sich in der Priestley'schen Materie vorzüglich drei Algenformen unterscheiden, nämlich das grüne Urkorn (Protococcus viridis *Ag.*), die mauerbewohnende Lyngbye (Lyngbya muralis *Ag.*, Priestleya botryoides *Meyen.*, Conferva botryoides *Priestley.*) und die Land-Ulve (Ulva terrestris *Roth.*), während nach Kützing noch mehrere andere Algen unter den, die grüne Materie bildenden angenommen werden müßten. Aus den Beobachtungen der drei genannten Forscher scheint hervorzugehen, daß die Erzeugung der grünen Materie auf mehrere Weisen geschehen könne. Zur Bildung derselben müssen organische Stoffe mit dem Wasser in Verbindung stehen, und dieses muß dem Einflusse des Sonnenlichtes ausgesezt seyn. Dann sieht man zuerst kleine, grüne, kugelige oder ellipsoidische Bläschen, mit einer zarten Schleimhülle umgeben, entstehen, deren Zahl oft sehr schnell und in unbegreiflicher Menge zunimmt. Diese Bläschen, welche sich in dichten Massen zusammenhäufen und die eben das

---

*) Jul. Meyen, über die Priestley'sche grüne Materie, wie über die Metamorphose des Protococcus viridis in Priestleya botryoides und in Ulva terrestris (Linnaea. Bd. II. 1827. S. 588 ꝛc. ꝛc. Tab. VII).

**) F. Unger, über den unmittelbaren Uebergang des sprossenden vegetativen Lebens in das bewegte infusorielle und umgekehrt, und zunächst über die Metamorphose der Ectosperma clavata *Vauch.* (Flora od. botan. Zeit. 1850. Bd. II. S. 568 ꝛc. ꝛc., besonders S. 580—583).

Derselbe, Algologische Beobachtungen (Nov. Acta physico-medica Acad. caes. L. C. nat. curios. Vol. XII. P. II, 1853: I. Die Lebensgeschichte der Ulva terrestris *Roth.*, S. 523; II. Ueber die Palmella globosa *Ag.*, S. 543; III. Ueber die Fortpflanzung des Nostoc sphaericum *Ag.*, S. 546.

***) Fr. Tr. Kützing, Beitrag zur Kenntniß über die Entstehung und Metamorphose der niedern vegetabilischen Organismen, nebst einer systematischen Zusammenstellung der hierher gehörigen niedern Algenformen (Linnaea. Bd. VIII. 1833. S. 333 ꝛc. Tab. VI—VIII).

grüne Urkorn von Agardh sind, zeigen, aus ihren unregelmäßigen Zusammenhäufungen getrennt, eine ähnliche Bewegung, wie die aus ihren Fäden hervorgetretenen Sporen vieler Fadenalgen, und haben große Aehnlichkeit mit manchen grüngefärbten Infusionsthierchen, wofür sie auch von mehreren Beobachtern gehalten wurden. So hat man auch in Wasserpfützen, welche von einer zahllosen Menge der Staubmonade (Monas Pulvisculus) grün gefärbt waren, gesehen, wie sich am Rande der Pfütze ein grüner Ueberzug bildete, der sich, besonders bei gelindem und anhaltendem Regenwetter, immer weiter verbreitete und zuletzt die Erde ringsumher bedeckte; und auch dieser aus Millionen von abgestorbenen und angeschwemmten Infusorien entstandene Ueberzug zeigte sich, unter dem Mikroskope verglichen, (nach Kützing) aus Kügelchen zusammengesezt, welche dem grünen Urkorn ganz gleich, aber auch von den noch beweglichen Thierchen in Nichts verschieden waren, als daß sie weniger durchsichtig und dunkler grün gefärbt erschienen.

Aus diesen grünen Massen der Urkornbläschen, welche man als die erste Bildungsstufe der Priestley'schen Materie betrachten kann, sieht man nach einiger Zeit, wenn sie fortwährend der Feuchtigkeit und dem Sonnenlicht ausgesezt bleiben, eine Fadenbildung hervorgehen. Es entstehen nämlich perlschnurähnliche Reihen von grünen Bläschen, die anfangs nackt erscheinen, später aber mit einer Schleimhülle sich umgeben, welche, zu einer zarten Membran sich verdichtend, einen hohlen, ungegliederten Faden bildet, der die aneinander gereiheten grünen Bläschen einschließt. Ob diese Reihen durch Aneinanderlagerung der ursprünglich getrennten Urkornbläschen entstehen, oder ob dieselben durch Verlängerung und Sprossen aus den einzelnen Bläschen sich entwickeln, darüber sind die genannten Beobachter unter sich nicht einig, ein Beweis, daß es sehr schwer ist, durch den Augenschein über diesen Punkt Gewißheit zu erlangen. Diese Algenfäden, welche in ihrem Durchmesser, so wie in der Größe und Gestalt der eingeschlossenen grünen Bläschen abändern, sind es nun, welche Priestley Conferva botryoides nannte, die aber wegen der ungegliederten Fäden von Agardh als eigene Gattung aufgestellt und Lyngbya muralis genannt wurden,

während Meyen, ihrem Entdecker zu Ehren, ihnen den Namen Priestleya botryoides gab*).

Außer diesen fadenförmigen Aneinanderreihungen bilden sich aber auch aus der Urkornmasse Anlagerungen von grünen Bläschen nach verschiedenen Seiten hin, in der Flächenausdehnung, wodurch endlich, indem ihre Schleimhüllen untereinander verschmelzen, eine häutige Ausbreitung entsteht, in welcher die Bläschen, in unregelmäßige Felder vertheilt, eingeschlossen sind; und diese durch die zahllosen Bläschen grün gefärbte Membran, welche als die dritte Bildungsstufe der grünen Materie erscheint, ist die obengenannte Land-Ulve (Ulva terrestris), deren Entwicklung aus dem einzelnen Urkornbläschen, indem sich aus diesem immer neue Bläschen erzeugen, vorzüglich schön und klar von Unger (a. a. O.) dargelegt wurde**).

---

*) Kützing nimmt (a. a. O.) noch mehrere andere Fadenalgen als Bestandtheile der Priestley'schen Materie an. Es mögen zwar allerdings nach den verschiedenen Verhältnissen, unter welchen diese Materie vorkommt, auch noch verschiedene Algenarten in derselben sich entwickeln; aber manche von Kützing als eigene Arten angenommenen scheinen dann doch nichts weiter als durch äußere Verhältnisse bedingte Abänderungen der Lyngbya muralis, oder auch diese Alge nur in verschiedenen Alterszuständen zu seyn.

**) Die sehr genauen Beobachtungen, welche Unger (a. a. O.) über die Entstehungsweise der Ulva terrestris mitgetheilt hat, widersprechen den Angaben Meyen's, wornach diese Ulve nicht blos unmittelbar aus Protococcus durch dessen Anhäufung zur Fläche, sondern auch aus Lyngbya, durch Ausdehnung des Konfervenfadens zur Membran, hervorgehen soll, so daß in diesem Falle die Ulve durch eine zweifache Metamorphose des Protococcus entstehen würde. Kützing gibt (a. a. O.) ebenfalls die Beschreibung und Abbildung einer membranösen Ausbreitung, von ihm Inoderma lamellosum genannt, von welcher er glaubt, daß sie aus den parallel aneinander gewachsenen Fäden seiner aus den Urkorn-Bläschen hervorgegangenen Conferva tenerrima gebildet werde. Diese angeblichen Umwandlungen verschiedener Pflanzenarten ineinander haben jedoch immer große Zweifel gegen sich, weil man auf diesen niedrigen Stufen des Pflanzenreichs gar oft nicht mehr weiß, welches eigentlich der Zustand der vollkommenen Ausbildung sey, und daher nur zu leicht in Gefahr kommt, den jugendlichen Zustand für eine specifisch verschiedene Pflanzenform zu halten. Noch ist zu bemerken, daß in Pflanzenaufgüssen, welche dem direkten Einflusse

Hier drängen sich uns nun unwillkürlich die Fragen auf: 1) Woher kommen die ersten Urkornbläschen in den mit Pflanzenaufgüssen angefüllten Gefäßen, so wie an den feuchten Stellen im Freien, wo sich die grüne Materie bildet? 2) Ist bei der Entstehung der grünen Materie, namentlich aus dem mit Infusorien erfüllten Wasser der Pfützen, ein wirklicher Uebergang aus dem thierischen in das pflanzliche Leben anzunehmen?

Was die erste Frage betrifft, so gibt es nicht wenige Naturforscher, welche dabei geradezu eine ursprüngliche Erzeugung*) annehmen, indem sie glauben, daß diese einfachen Organismen aus den Bestandtheilen der in den Aufgüssen und an den feuchten Stellen im Freien enthaltenen organischen Stoffe sich bilden, welche Bestandtheile bei der Verwesung dieser Stoffe, aus ihrer frühern Verbindung getrennt, in andern Verhältnissen zusammentreten und so einen neuen organischen Körper darstellen können. Die Annahme einer ursprünglichen Erzeugung, welche noch von den Naturforschern der frühern Zeiten herrührt, wo man von der Fortpflanzung der niedrigern Gewächse und Thiere nur eine sehr mangelhafte Kenntniß hatte, darf jedoch in unserer Zeit nur mit größter Vorsicht und gleichsam nur mit einem gewissen Mißtrauen ausgesprochen werden, weil man jezt von vielen organischen Wesen, deren Entstehung früher auf die genannte Weise erklärt wurde, die Fortpflanzung durch Sporen und Eier kennen gelernt hat, und daher die Möglichkeit, daß auch in andern, gegenwärtig noch unerklärten Fällen eine solche Fortpflanzung einst könne nachgewiesen werden, nicht in Abrede stellen darf.

So können auch die der Bildung der Priestley'schen Materie zu Grunde liegenden Urkornbläschen alle von schon früher

---

des Sonnenlichtes entzogen sind, in der anfänglich sich bildenden, scheinbar texturlosen Schleimmasse sich zuerst nur farblose Kügelchen und dann aus diesen ebenfalls ungefärbte Fäden erzeugen, welche ihrerseits wieder als eigene Arten betrachtet und mit besondern Namen belegt wurden. Es frägt sich aber, ob nicht diese farblosen Bildungen, ähnlich den Bleichlingen höherer Pflanzen, nur die durch den Lichtmangel an ihrer vollkommenen Ausbildung verhinderten Algenformen sind, welche im Sonnenlichte die grüne Priestley'sche Materie bilden?

*) Auch mutterlose, freiwillige, freithätige oder zufällige Zeugung (Generatio originaria, primitiva, spontanea vel aequivoca) genannt.

vorhandenen Pflanzen herrühren. Ihre allgemeine Verbreitung, ihr plötzliches Auftreten in Pflanzenaufgüssen und an feuchten, vorher trocknen Orten berechtigt uns noch nicht zur unbedingten Annahme einer ursprünglichen Erzeugung. Eben so gut kann behauptet werden, daß allenthalben auf der Erde, wie im Wasser, die Keime zu dieser Materie verbreitet sind und nur der günstigen Bedingungen bedürfen, um sich zu entwickeln. Ueber die lange Ausdauer vieler kryptogamischen Gewächse, namentlich auch der Algen und ihrer Sporen oder Brutorgane, bei den größten Temperaturveränderungen, haben wir manche zuverläßige Beobachtungen. Wir dürfen uns hier nur z. B. an die Moose und Flechten erinnern, welche, nachdem sie lange Zeit durch die stärkste Sonnenhitze ausgedorrt waren, bei eintretender feuchter Witterung ihr Wachsthum wieder freudig fortsetzen. So verträgt das Wassernetz (Hydrodictyon) nach Vaucher*) eine Kälte von 18° unter dem Gefrierpunkt, und wenn die Gräben, worin diese Alge wächst, im hohen Sommer durch die starke Sonnenhitze ganz ausgetrocknet waren, so lebt sie wieder auf, sobald sie mit Wasser überdeckt wird. Selbst die oben genannte, aus der Priestley'schen Materie hervorgegangene Ulve zeigt solche durch die Temperatur- und Trockenheitsverhältnisse bedingten Pausen in ihrem Wachsthum. Das Nämliche ist sicherlich noch bei vielen andern, zumal bei den erwähnten niedrigen Algenformen, welche die Priestley'sche Materie bilden, der Fall. Nehmen wir dazu noch die außerordentliche Kleinheit und Leichtigkeit der Algensporen oder Urkornbläschen, wodurch es möglich wird, daß dieselben sogar bei der Verdunstung der sie enthaltenden Wasserfläche mit in die Höhe gezogen und dann durch einen niederfallenden Regen überall hin verbreitet und zugleich zur Keimung und weitern Entwickelung angeregt werden können, so stellen sich uns Gründe genug dar, um mit der Annahme einer ursprünglichen Erzeugung höchst vorsichtig zu seyn.

Bei vielen der niedrigsten Pflanzen sehen sich die Sporen (die hier vielleicht auch nur Brutorgane sind) sehr ähnlich; es sind kugelige oder ellipsoidische Bläschen, bald größer, bald

*) Histoire des Conferves d'eau douce. Genève 1803, p. 87.

kleiner, bald dunkler, bald heller grün gefärbt. Sie können also, wenn sie von ihrer Mutterpflanze getrennt, frei an feuchten Stellen vorkommen, einander ziemlich gleich sehen und dennoch von verschiedenen Pflanzen herrühren, und es können daher auch verschiedene Pflanzen aus ihnen hervorgehen, ohne daß man gerade eine Umwandlung einer Art in die andere anzunehmen braucht. Ebenso ist es wenigstens von den Flechten bekannt, daß, nach Verschiedenheit der äußern Einflüsse, aus den Sporen und Brutkörnern der nämlichen Pflanze mancherlei Formen hervorgehen können, die aber nicht als eigene Arten, sondern nur als verschiedene eben durch jene Einflüsse in ihrer Entwickelung zurückgehaltene (gehemmte) oder geförderte Bildungen betrachtet werden dürfen *).

Was die zweite Frage betrifft, so wird dieselbe von mehreren achtungswerthen Forschern (G. R. Treviranus, Nees v. Esenbeck, Unger u. a. m.) bejaht, indem sie die Priestley'sche Materie aus abgestorbenen und allmälig in die Pflanzennatur übergangenen Infusorien entstanden betrachten. Aber hier ist man vielleicht in manchen Fällen doch zu weit gegangen.

---

*) Daraus läßt sich wohl auch die vermeintliche Entstehung der Wand-Schüsselflechte (Parmelia parietina) aus den Urkornbläschen erklären, welche Unger und Kützing (a. a. O.) annehmen zu müssen glauben, weil sie an Bäumen und andern Gegenständen nach unten an den feuchtern Stellen einen grünen Ueberzug erblickten, der weiter nach oben im Trocknen in das Lager der genannten Flechte überging. Die grünen, für Protococcus-Bläschen gehaltenen, Körnchen mochten wohl nichts anders als die von der nämlichen Flechte herrührenden, früher (I. S. 238 u. 430) beschriebenen Brutkörner seyn, die nach dem verschiedenen Feuchtigkeitsgrade und Lichteinflusse auf verschiedenen Entwicklungsstufen verharrten. Wenigstens sah ich selbst an abgefallenen Baumzweigen die untere, auf der feuchten Erde liegende Seite mit grünen Körnchen bedeckt, welche gegen die nach oben gekehrte Seite hin allmälig blässer gefärbt waren, bis sie an den trockensten Stellen in einen staubähnlichen Ueberzug übergingen und eine grünlich- oder gelblichgraue Leprarien- und Isidien-Bildung darstellten, von welchen man jezt weiß, daß sie nur in ihrer freien Entwicklung gehemmte Formen verschiedener Flechtenlager sind. Ueberhaupt scheint es, als habe man unter dem Namen Protococcus-Bläschen die Sporen und Brutorgane gar verschiedener Pflanzen vermengt.

Wir wissen nämlich von den Sporen vieler Algen, daß sie sich nach ihrem Hervortreten aus der Mutterpflanze ganz nach Art der Infusorien bewegen und also leicht mit den einfachsten Gebilden dieser Thierklasse (den Monaden) verwechselt werden können. Wir werden aber doch nicht wohl annehmen dürfen, daß eine Pflanze wirklich ein Thier als Fortpflanzungs- oder Vermehrungsorgan ihrer selbst gebären soll, und trotz der lebhaften Bewegung werden wir diese Sporen als pflanzliche Wesen betrachten müssen, die uns eben nur durch ihre Bewegungen zu zeigen scheinen, daß die Fortpflanzungs- oder Brutorgane auf dieser niedrigen Stufe des Pflanzenreiches eine größere Selbstständigkeit besitzen als bei den höher organisirten Pflanzen. Da man schon bei sehr verschiedenen Algen diese Bewegung der Sporen erkannt hat, so frägt es sich, ob nicht überall bei den tiefern Algenformen selbstbewegliche Sporen vorkommen, und ob diese, bei ihrer größern Selbstständigkeit, unter gewissen Umständen nicht (gleich Brutorganen) das Vermögen besitzen, sich ins Unendliche zu vermehren, ohne sogleich in ein der Mutterpflanze ähnliches Gewächs sich auszubilden, so daß die sogenannten Urkorubläschen vielleicht gar nicht als eigene Pflanzenform, sondern nur als Brutorgane zu betrachten sind, welche längere Zeit bestehen und aus sich nur ihres Gleichen erzeugen, bevor sie zu selbstständigen Pflanzenformen auswachsen. Wenn wir auch den unmittelbaren Uebergang aus dem animalischen in das vegetabilische Leben nicht geradezu völlig abläugnen können, so sehen wir doch, daß in dieser Beziehung noch mancher Zweifel obwaltet, und daß man bei der Annahme dieses Ueberganges nicht weniger behutsam zu Werke gehen müsse, als bei der Annahme einer ursprünglichen Erzeugung *).

---

*) Bei den früher erwähnten grünen Staubmonaden (Monas Pulvisculus) und andern zu dieser Gattung gezählten beweglichen Kügelchen könnte man doch vielleicht noch ungewiß seyn, ob sie dem Thier- oder Pflanzenreiche angehören. Dieses ist aber nicht der Fall mit den Walzenthierchen (Enchelys), welche nicht blos durch ihre Bewegungen, sondern auch durch die häufigen Veränderungen ihrer Form deutlich ihre thierische Natur beurkunden. Aus dem Staub-Walzenthierchen (Enchelys Pulvisculus) sah nun Kützing (a. a. O.), nachdem dasselbe abgestorben war und eine

Was von der ursprünglichen Erzeugung in Bezug auf die Priestley'sche Materie gesagt worden, ist auch noch auf viele andere Pflanzen der niedrigsten Bildungsstufen anwendbar. So wird das Erscheinen von Schimmelarten an Orten, welche dem Zutritt der Luft und der Feuchtigkeit offen stehen, bei der äußerst leichten Verbreitung ihrer staubfeinen Sporen wenigstens in vielen Fällen erklärlich, besonders seitdem mehrere zuverlässige Beobachter (z. B. Fries*), Ehrenberg**) und Schilling***) nachgewiesen haben, daß auch die einfachern Pilze aus Sporen aufkeimen.

Indessen gibt es doch wirklich Fälle, wo eine Entstehung aus vorher da gewesenen Sporen, nach unserer jetzigen Erfahrung, sich nicht nachweisen läßt. Dahin gehören die zahlreichen im Innern oder doch unter der Oberhaut der Pflanzen sich bildenden Staub- und Fadenpilze†), so wie das öftere Vorkommen von Schimmelbildung in den völlig geschlossenen Schalen der Steinfrüchte (z. B. der Wallnüsse) und überhaupt das plötzliche Erscheinen von Pflanzen der niedrigern

---

reine Kugelgestalt angenommen hatte, den aus grünen Bläschen bestehenden Inhalt heraustreten, die dann den Urfornbläschen ganz ähnlich sahen, und zwischen welchen nach kurzer Zeit eine Zitteralge (Oscillatoria) sich bildete. Aber er konnte doch nicht zur Gewißheit gelangen, ob diese Alge sich wirklich aus den Ueberresten des Walzenthierchens erzeugte oder nicht; ein Beweis mehr, wie vorsichtig man bei diesen schwierigen Beobachtungen mit seinem Ausspruche seyn müsse.

*) *El. Fries*, Systema orbis vegetabilis 1825. I, p. 30, p. 40.

**) *Ehrenberg*, De Mycetogenesi epistola (Nov. Acta phys. med. Acad. caes. L. C. nat. curios. X. 1820. p. 193—213. Tab. 10—14.

***) Jos. Schilling, über die Bildung einer Schimmelart aus Samen. (Kastners Archiv für die gesammte Naturlehre. Bd. X. Heft 4. 1827).

†) Ueber die Entstehung der Enterhyten (Eingeweidepflanzen) aus dem veränderten Pflanzensafte und Zellgewebe ist besonders zu vergleichen: Franz Unger, die Exantheme der Pflanzen. Wien, 1833. Ferner: Theod. Hartig, Abhandlung über die Verwandlung der polycotyledonischen Pflanzenzelle in Pilz- und Schwamm-Gebilde und der daraus hervorgehenden sogenannten Fäulniß des Holzes. Berlin, 1833.

Bildungsstufen an Orten und unter Verhältnissen, wo eine vorhergegangene Aussaat von Sporen ganz unerweislich ist *).

*) Selbst im Innern eines Muskatnuß-Kerns, in der kleinen Höhlung, welche den Keim birgt, habe ich Schimmelbildung beobachtet, wo also keine Möglichkeit für das Eindringen der Sporen von Außen zu erkennen war. Denn für das Eindringen der Sporen, vermittelst der eingesogenen Flüssigkeit, in das Zellgewebe der Pflanzen, welches De Candolle als Ursache der Entstehung von Entophyten annehmen wollte, läßt sich weder hier noch auch bei lebenden Pflanzen ein auf Beobachtung gegründeter Beweis geben. — Schilling sah auf frischgebackenem Brode Schimmel entstehen, welches er, nachdem es eben aus dem Ofen gekommen war, in hermetisch verschlossene Gläser gebracht hatte, die hierauf einem solchen Hitzgrade ausgesezt wurden, daß, nach seinen vorausgegangenen vergleichenden Versuchen, die Keimkraft der Schimmel-Sporen zerstört seyn mußte, wenn dergleichen dennoch mit dem Brode oder der Luft in die Gläser gekommen seyn sollten. — Hier verdienen auch die von Dutrochet angestellten Beobachtungen (mitgetheilt in der Allgem. bot. Zeit. 1834, I, S. 111) eine Erwähnung. Nach diesen soll sich in reinem Wasser, in welches man Eiweiß bringt, auch unter den günstigsten Umständen niemals Schimmel bilden. Sezt man aber dem Wasser auch nur die geringste Menge von einer Säure, von Pottasche oder Soda zu, so soll in kürzerer oder längerer Zeit (nach einer bis drei Wochen) eine kräftige Schimmelbildung eintreten. Deßwegen leitet Dutrochet die schnelle und reichliche Schimmelerzeugung in den Flüssigkeiten, welche an der Luft der Gährung unterworfen werden, von den Säuren und Alkalien her, die sich durch die Gährung entwickeln. Dagegen verhindert die kleinste Menge eines Queckſilbersalzes, irgend einer Flüssigkeit zugesezt, durchaus die Schimmelbildung; worauf sich die Bewahrung der Dinte vor dem Schimmeln gründet, wenn man derselben einige Gran eines Queckſilbersalzes beimischt. Bei den von Dutrochet beschriebenen Thatsachen bleibt es wenigstens zweifelhaft, ob sich durch die Einwirkung der Säuren und Alkalien die Keime zu Schimmelarten erst erzeugen, oder ob nur die bereits vorhandenen Sporen dadurch zur Keimung angeregt werden. — Daß in den warmen Mineralquellen oft eine reichliche Bildung von Algen vorkommt, ist schon längst bekannt. Besonders merkwürdig ist aber in neuerer Zeit eine Alge, die Tremella thermalis *Thoré* (Anabaina thermalis *Bory*) geworden, welche allen warmen Quellwassern gemein zu seyn scheint, und die von dem französischen Chemiker Longchamp den Namen Barégine erhielt. Robiquet hat über die Entwicklungsweise dieser Gallertalge (Journal de Pharmacie, 1835, Novbr. p. 583 — 605) in den warmen

Es bleibt daher immer noch Manches, das uns nicht erlaubt, die Annahme einer ursprünglichen Erzeugung bei den

---

Quellen von Néris (in den Pyrenäen) einige Beobachtungen mitgetheilt, woraus hervorgeht, daß in dem völlig klaren Quellwasser keine organische Bildung statt findet, so lange dasselbe in gut verstopften Gläsern aufbewahrt wird. Aber in den Behältern vor der Quelle, wo das Wasser dem Einflusse der Luft und des Lichtes ausgesezt ist, sieht man, nachdem ein Behälter ausgeputzt oder auch ganz neu gebaut worden, an mehreren Stellen auf dem Boden grünliche Flecken entstehen, die sich nach und nach vergrößern und bald den ganzen Boden des Behälters, einem grünen Teppiche gleich, überziehen. Nach den mit dieser gallertigen Substanz unter dem Mikroskope angestellten Untersuchungen hat sich dieselbe immer nur als die nämliche Algenart herausgestellt, und es ist wirklich nicht möglich, eine bestimmte Erklärung über die Entstehungsweise dieser Alge zu geben. Nimmt man an, daß die Sporen durch das Mineralwasser aus dem Innern der Erde selbst hergeführt werden, so müßte die Alge von dem Lichte und der atmosphärischen Luft abgeschlossen, im tiefen Schoose der Erde wachsen und ihre Sporen unaufhörlich mit dem Wasser hervorsenden; aber dann wäre es schwer zu begreifen, warum dann diese Sporen in verschlossenen Gefäßen nicht eben so gut zur Keimung gelangen sollen, als in den natürlichen unterirdischen Behältern der Mineralquelle, und warum das Wasser in jenen Gefäßen so vollkommen klar bleiben könnte, ohne einen Absatz zu bilden. Wollte man dagegen annehmen, daß die Sporen durch die Atmosphäre herbeigeführt würden, so wäre nicht einzusehen, warum in den offenen Wasserbecken dieser Quelle immer nur die nämliche Pflanze sich bildet, da sich dann doch nicht denken läßt, daß ihre Sporen allein in der Luft herumfliegen. Wenn man auch sagen wollte, daß hier allein nur diese Sporen die zu ihrer Keimung nöthigen Bedingungen vereinigt finden, so ist, wenn die Vereinigng dieser Bedingungen so ungewöhnlich ist, eben so wenig einzusehen, woher dann alle diese Sporen kommen sollen, die doch selbst nur unter den gleichen Einflüssen erzeugt seyn konnten. — Der lezte Einwurf läßt sich auch bei folgender von mir selbst gemachten Beobachtung vorbringen. Ich sah nämlich frische Bohnen, die Behufs des Trockuens am Abend in dünne Streifen zerschnitten und bei etwas feuchter Witterung in einem Zimmer, dessen Fenster offen standen, auf einem Tische ausgebreitet worden, während der Nacht sich so durchaus mit einer einzigen Schimmelart (dem Mucor nigrescens *Schum.*) überziehen, daß am folgenden Morgen auf dem Tische alles wie schwarz behaart aussah. Wo sollen nun die Millionen von Sporen hergekommen seyn, die mit ihrer Saat so plötzlich die bedeutende Fläche überdeckten? Denn obgleich dieser Schimmel

einfachsten Pflanzen unbedingt zu verwerfen, obgleich in vielen Fällen, wo man diese Erzeugung angenommen hat, die Möglichkeit und selbst die Wirklichkeit einer Aussaat nachgewiesen ist, und es sogar im Interesse einer gründlichen Naturforschung liegt, sich bei zweifelhaften Erscheinungen dieser Art nicht so leicht mit der Erklärung derselben aus der primitiven Erzeugung zu begnügen und sich dadurch den Weg zur genauern Ergründung solcher noch unerklärten Lebenserscheinungen gewissermaßen selbst zu verschließen.

Das plötzliche Erscheinen, sogar von Gefäßpflanzen auf Stellen, wo durch irgend eine Veranlassung eine tiefere Erdschichte blosgelegt wurde, oder wo eine seit langer Zeit mit Wasser überdeckte Bodenfläche durch den Abzug oder das Austrocknen des erstern an die atmosphärische Luft gelangte, oder wo umgekehrt eine früher trocken gelegene Strecke bleibend unter Wasser gesezt worden, hat bei Manchen auch den Glauben einer ursprünglichen Erzeugung von höher organisirten Pflanzen erweckt, besonders wenn unerwartet solche Arten auftreten, die, seit Menschengedenken, in derselben Gegend nicht gefunden waren. Aber abgesehen davon, daß in vielen Fällen, wo man neu entstandene Pflanzen zu sehen glaubte, es sich ohne Zweifel nur um eine, durch die Veränderung äußerer Verhältnisse bewirkte, rasche Vermehrung gewisser Pflanzen handelte, die vorher, ihrer geringern Anzahl wegen, an solchen Stellen waren übersehen worden, haben wir gegenwärtig so manche sichere Erfahrung von der außerordentlich

---

während der kurzen Sommernacht sich ganz vollständig ausgebildet hatte und mit einer zahllosen Menge von Sporen versehen war, also offenbar nur eine sehr kurze Zeit von seinem Entstehen bis zur völligen Ausbildung bedarf, so läßt sich doch nicht wohl denken, daß zuerst nur wenige Sporen durch die feuchte Atmosphäre hergeführt worden seyen, und daß sich dann bis zum Morgen eine ganze Reihe von aufeinanderfolgenden Generationen habe erzeugen können, um die bedeutende Menge jener unreifen Hülsenfrüchte gänzlich zu überziehen. — So würden sich noch sehr viele Fälle anführen lassen, wo die Präexistenz der Sporen für jezt nicht erwiesen werden kann, und ein Jeder, der diesem gar nicht seltnen, plötzlichen Erscheinen niedriger Pflanzenformen einige Aufmerksamkeit schenken will, wird die hier gegebenen Beispiele leicht aus eigener Erfahrung vermehren können.

lange dauernden Keimfähigkeit mancher Samen (man vergl. S. 479), daß wir auch dann, wenn wirklich in einer gewissen Gegend Pflanzen zum Vorschein kommen sollten, die seit mehreren Menschenaltern nicht daselbst gewachsen waren, ihr Erscheinen ohne die stets verdächtige Annahme einer primitiven Erzeugung werden erklären können. Wenn wir ferner an die unzähligen, zum Theil schon (§. 212) angedeuteten Mittel uns erinnern, wodurch die Aussaat und die Verbreitung der Pflanzen geschehen können, so werden wir in dergleichen Fällen die Erscheinung solcher Pflanzen doch gewiß lieber aus Ursachen, die den allgemein herrschenden und bekannten Naturgesetzen entsprechen, ableiten, als aus einer noch durch keine einzige zuverlässige Beobachtung erwiesenen Erzeugung ohne Samen erklären wollen *).

Das Nämliche muß auch für alle samentragenden Schmarotzerpflanzen gelten, von welchen in der neuern Zeit und selbst von Seiten wissenschaftlicher Forscher behauptet wurde, daß sie ohne Samen aus den Wurzeln anderer Pflanzen hervorwachsen **), und daß die Samen dieser Schmarotzer an die Wurzeln gebracht, nie keimen würden, wenn nicht die Anlage schon früher vorhanden wäre und ohne Mitwirkung des Samens entwickelt würde ***). Es ist aber durch Versuche bewiesen, daß nicht blos an oberirdischen Stämmen wachsende Schmarotzer, wie der Mistel (Viscum) und die Flachsseide (Cuscuta), sondern auch an Wurzeln und unterirdischen Stämmen festsitzende, wie die Sommerwurz (Orobanche), wirklich aus Samen aufkeimen. Wenn man nun auch bei solchen parasitischen Gewächsen, welche tief unter der Erde auf den Wurzeln anderer Pflanzen sich anheften, noch nicht beobachtet hat, wie die keimenden Pflänzchen bis zu dieser Tiefe hinabgelangen, so brauchen wir deßwegen doch noch

---

*) Eine Reihe von Beobachtungen, die von der ursprünglichen Erzeugung Kunde geben sollen, finden sich zusammengestellt in „Flörke's Unterhaltungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaft, Heft 1, 1820," so wie in „Froriep's Notizen (Bd. V. Nro. 4. Bd. VI, Nro. 2. Bd. VIII, Nro. 8, 1823, 1824)."

**) J. Meyen, über das Herauswachsen parasitischer Gewächse aus den Wurzeln anderer Pflanzen. (Flora od. bot. Zeit. 1829, I, S. 49 ꝛc. ꝛc.)

***) Leop. Trattinick in Linnaea, VIII, 1828, S. 197.

nicht mit Meyen anzunehmen, diese Pflanzen seyen bloße „Aftergewächse“, d. h. unvollkommen gerathene Nachbildungen höherer Formen *), und wollen wir dieselben auch als Sonderlinge des Gewächsreiches gelten lassen, so werden wir sie doch nicht, wie Trattinick **), mit den Geisteskranken in einem Irrenhause vergleichen oder von einer vegetabilischen Verrücktheit ableiten wollen ***).

Rückblick auf die Lebenserscheinungen der Pflanzen in Bezug auf die Metamorphose und die verschiedenen Lebensperioden.

§. 219.

Bei dem Erscheinen der einfachsten kryptogamischen Gewächse, wo das Aufkeimen aus früher vorhandenen Sporen durch direkte Beobachtung nicht erwiesen ist, sieht man immer zuerst

---

*) Meyen a. a. O. S. 63.

**) Trattinick a. a. O. S. 196 u. 197.

***) Daß wirklich das Stengelchen gewisser Pflanzen beim Keimen bis zu einer nicht unbeträchtlichen Tiefe in den Boden eindringen könne, haben mir die Keimversuche gezeigt, welche ich mit den Samen des knolligen Lerchensporns (Corydalis tuberosa *De C.*) angestellt und (in Tiedemann u. Treviran. Zeitschr. für Physiol. IV, 2. S. 148 u. 149. Tab. X, Fig. 14—18. Tab. XI, Fig. 28) beschrieben habe. Hier wächst nämlich das Stengelchen mehrere Zoll tief in die Erde hinab und schwillt dann zu einem Knollen an, aus welchem alle künftigen Triebe entspringen und als Stengel über den Boden hervortreten. Wenn sich aber bei dieser Pflanze das Stengelchen des Keimes schon 2 bis 3 Zoll tief in die Erde senkt, bevor es seinen Knollen bildet, so ist es gewiß nicht als außer dem Reiche der Möglichkeit liegend zu betrachten, daß die keimenden Pflänzchen der Schmarotzer ihre Stengelchen auch zu einer noch bedeutendern Tiefe und bis zu den Wurzeln anderer Pflanzen hinabsenden, auf welchen sie sich anheften und aus ähnlichen knolligen Anschwellungen, wie die des Lerchensporns, ihre künftigen Stengel emporschicken. Daß viele dieser keimenden Pflänzchen ihr Ziel nicht erreichen und daher sehr bald zu Grunde gehen, ist gar nicht zu bezweifeln, wenn man das meist spärliche Vorkommen dieser Schmarotzer mit der zahllosen Menge ihrer feinen, feilspänartigen Samen vergleicht, welche in jedem Sommer erzeugt werden.

eine schleimige oder gallertartige Materie entstehen, in welcher die farblosen oder grüngefärbten Bläschen (die sogenannten Urkornbläschen) sich bilden. Diese schleimige Substanz macht bei den Gallertalgen die Hauptmasse des Gewächses aus und besitzt bei den niedersten hierher gehörigen Gattungen, bei den Urkorn-Arten (Protococcus) und Palmellen (Palmella), wo sie nur als die Gebärmutter (Matrix) der einzelnen, von einander getrennten und unabhängigen Zellenbläschen auftritt und dieselben zu einzelnen Massen verbindet, keine feste Begrenzung nach Außen. Wo aber die kugeligen Bläschen in Reihen verbunden sind, wie bei den Nostoc-Arten, da nimmt diese schon eine bestimmtere Begrenzung an. Sie erhärtet nämlich an ihrer Oberfläche zu einer membranartigen Schichte, welche die perlschnurförmigen Fäden, deren jeder wieder seine besondere Schleimhülle besitzt, in größerer oder geringerer Anzahl einschließt und so zu einem Ganzen vereinigt.

In andern Fällen erscheint die innere Hülle zu einem hohlen Faden erstarrt, welcher die Bläschen, getrennt oder in Reihen verbunden, einschließt, während die äußere Schleimmasse in ihrem ursprünglichen, weichen, unbestimmt begrenzten Zustande verharrt, wie bei den Gattungen Chaetophora, Hydrurus, Mesogloja, Rivularia u. a. m., wo ebenfalls die unter sich gesonderten Fäden durch diese gemeinschaftliche Hülle noch zu einem Ganzen verbunden werden. Bei den übrigen Algen tritt dann die gemeinschaftliche Schleimhülle zurück, und jedes einzelne Bläschen oder jeder einzelne Faden erhält seine besondere, zur farblosen, gleichförmigen Membran erhärtende Schleimhülle.

So sehen wir auch schon in der Priestley'schen Materie die einzelnen grünen Urkornbläschen mit ihrer Schleimhülle umgeben, welche bei der in dieser Materie sich bildenden Lyngbya muralis, zur freien fadenförmigen Röhre erhärtet, die die aneinander gereihten Körnchen umschließt, während bei der mehrseitigen Aneinanderlagerung der Urkornbläschen in der Flächenausdehnung ihre besondern Schleimhüllen untereinander verwachsen und die hautartige Ausbreitung der Landulve erzeugen. Aber auch die Fäden derjenigen Fadenalgen, die man aus den Sporen kann aufkeimen sehen, umziehen sich jedesmal mit einer zur farblosen Membran erstarrenden Schleimhülle, welche, da sie sehr

hygroskopisch ist, die schlüpfrige Beschaffenheit der Conferven-fäden verursacht.

Eben so wird diese umhüllende Schleimmasse bei allen mit einem zusammengesezten Lager versehenen Tangalgen angetroffen, wo sie nicht allein einen vollkommen durchsichtigen, membranösen, Ueberzug über das ganze Gewächs bildet, sondern auch im Innern des Lagers überall zwischen den einzelnen Zellen, die Zwischenräume derselben ausfüllend, vorkommt, so daß diesen Gewächsen die Intercellulargänge ganz abgehen. Auch an dem Lager und an der Frucht der Flechten, an den Blättern der Moose und Lebermoose, ja sogar bei vielen Gefäßpflanzen ist diese Substanz, die Zwischenräume der Zellen, namentlich im Bast und Holz, ausfüllend und einen äußersten Ueberzug der Oberhautzellen bildend, von Hugo Mohl*) erkannt worden.

Wie demnach dieser schleimige Stoff als das erste und ursprüngliche Erzeugniß zu betrachten ist, aus welchem die organischen Wesen der niedrigsten Bildungsstufen hervorgehen, wo derselbe von Agardh als Urschleim bezeichnet wurde, so sehen

---

*) „Ueber die Verbindung der Pflanzenzellen untereinander; eine Inaugural-Dissertation unter dem Präsidium von Hugo Mohl. Septemb. 1835. Tübingen." In dieser gehaltvollen Abhandlung des scharfsichtigen Beobachters, dem die Wissenschaft schon so manche Aufklärung über den innern Bau und die Lebenserscheinungen der Pflanzen verdankt, nennt derselbe die erwähnte Schleimmasse, vermittelst welcher in der ganzen Reihe des Pflanzenreiches die Zellen und Gefäße untereinander verbunden sind und von welcher sie auf der äußern Oberfläche der Pflanze überzogen werden, „Intercellularsubstanz" (Substantia intercellularis). Bei den Gefäßpflanzen wurde diese Substanz nur in einzelnen Organen und besonders nur zwischen den langgestreckten Zellen aufgefunden. In dem tessularischen Zellgewebe dagegen ist sie nur in den wenigsten Fällen beobachtet worden, und es bleiben in den meisten Gefäßpflanzen die Zwischenräume an den Kanten der Zellen leer und bilden die früher schon mehrmals erwähnten Intercellulargänge. Ob aber aus dem Mangel der Intercellularsubstanz in diesen Gängen (nach Mohl's Ansicht) gefolgert werden könne, daß die leztern nicht die Bestimmung haben, Saft zu führen, sondern mit Luft erfüllt seyen, möchte vor der Hand schwer zu entscheiden seyn, und es müssen uns hierüber noch künftige Forschungen die nöthige Gewißheit geben.

wir denselben alle Bildungen des Pflanzenreiches begleiten und umgeben, und auch bei den höher organisirten Pflanzen ist er wohl als der Bildungsstoff anzusehen, aus welchem alle neuen Elementarorgane, die Zellenblasen und Gefäßröhren, hervorgehen, durch welchen dieselben auch nach seinem Erstarren zusammengekittet werden, und den man bei den Pflanzen höheren Bildungsstufen unter dem Cambium verstanden hat. In wie weit dieser die Elementarorgane verbindende und überkleidende Stoff nach seinem Erstarren in chemischer Hinsicht mit der Zellenmembran und Gefäßfaser übereinstimmt oder sich von denselben unterscheidet ist bis jezt noch nicht durch die Analyse nachgewiesen. Nach seinen physischen Eigenschaften zu schließen, scheint er sich jedoch der Zellenmembran ähnlich zu verhalten. Auf jeden Fall ist die Entstehung der Zellenmembran der Protococcus- und Palmella-Arten aus dem Urschleim als die erste Metamorphose zu betrachten, welche in der organischen Natur stattfindet.

Ueberall, wo wir aus den Brut- oder Fortpflanzungsorganen freie, von der Mutterpflanze unabhängige Gewächse hervorgehen sehen, ist der erste Akt der Keimung nur als eine weitere Fortbildung der in diesen Organen auf der Mutterpflanze schon entwickelten Theile zu betrachten, und es stimmen darin die tiefer stehenden Zellenpflanzen mit den phanerogamischen Gefäßpflanzen in sofern überein, als das erste Ergebniß der Keimung ein der Mutterpflanze ähnliches Gebilde ist, welches unmittelbar aus der Spore oder dem Samen hervorgeht und für sich fortwächst. Bei den höher organisirten Zellenpflanzen, aus der Reihe der Kernpilze, der Bauch- und Schlauchschichtpilze, der Flechten, zumal aber der Moose und Lebermoose, und weiter hinauf bei den kryptogamischen Gefäßpflanzen, tritt der merkwürdige Unterschied ein, daß das erste, aus der Spore aufkeimende Gebilde von der Mutterpflanze ganz verschieden, viel einfacher organisirt und nicht für sich der Fortbildung so weit fähig ist, daß dasselbe Fortpflanzungsorgane, jenen ähnlich, woraus es selbst hervorgegangen, erzeugen könnte. Dieses Gebilde wächst zwar oft bis zu einer bestimmten Stufe weiter, bleibt aber, wenn hemmende Verhältnisse eintreten, auf dieser stehen, ohne je eine höhere Stufe der Organisation zu erreichen, und kann als ein für immer in seiner Ausbildung

gehemmtes Wesen kürzere oder längere Zeit bestehen, bis es als solches endlich wieder vergeht, wie man dieses nicht selten bei dem aus den Sporen aufgekeimten Unterlager der Pilze und Flechten beobachtet, wo sich bei den letztern auch öfters noch sogar eine Art von Lager (Thallus) bildet, das aber dem Lager der Mutterpflanze mehr oder weniger unähnlich und keiner oder nur einer unvollständigen Fruchterzeugung fähig ist, wie die Isidien- und Variolarien-Bildungen der Krustenflechten zeigen. In andern Fällen dagegen, wo keine äußern Verhältnisse hemmend einwirken, wird dieses primitive Keimgebilde der Boden der jungen Pflanze, die erst aus ihm hervorgeht, worauf ebenfalls jener Vorkeim abstirbt und verschwindet, ohne jemals selbst eine höhere Ausbildung erlangt zu haben. Es muß also hier die junge Pflanze außerhalb der Spore und nach der bereits begonnenen Keimung den Weg der Metamorphose durchlaufen, den dieselbe bei phanerogamischen Pflanzen schon innerhalb des Samens und vor der Keimung zurückgelegt hat (vergl. S. 503).

Wenn wir das Pflanzenleben von der Keimung an verfolgen, so sehen wir zuerst, daß eine Umwandlung der organischen Verbindungen in umgekehrter Ordnung als bei dem Wachsthum oder der Fruchtreife stattfindet. Während nämlich in den jungen Trieben und überhaupt in dem noch wenig verarbeiteten Nahrungssafte der Pflanzen, so wie in dem unreifen Samen, Zucker und Gummi zuerst auftreten, die sich bei der weitern Ausbildung in Stärkmehl, in Oel, in Zellenmembran und Gefäßfaser verwandeln, so wandelt sich beim Beginnen der Keimung das Stärkmehl*) und Oel wieder in Zucker und Schleim um, und der feste Inhalt des Samens geht in den flüssigen Zustand zurück. Diese rückschreitende Umwandlung der Stoffe beginnt schon,

*) Die Umwandlung des Stärkmehls in den dasselbe enthaltenden Samen bei der Keimung in eine schleimig-zuckerhaltige Emulsion ist allgemein bekannt. Ueber eine gleiche Umänderung des Inhaltes in der keimenden Spore besitzen wir zwar keine Beobachtungen; aber sie ist mit größter Wahrscheinlichkeit der Analogie nach, wenigstens bei den Sporen der kryptogamischen Gefäßpflanzen und unter den Zellenpflanzen bei den Characeen, anzunehmen, da hier der Inhalt der reifen Spore ebenfalls aus Stärkmehlkörnern besteht (s. S. 110).

bevor der Keim aus dem Samen hervorgetreten, also zu einer Zeit, wo die vegetative Lebensthätigkeit eben aus ihrem Schlummer erwacht und noch wenig wirksam ist. Es tritt daher ein durch den Zutritt des Wassers und der Luft eingeleiteter, mehr rein chemischer Proceß ein, wie dieß immer der Fall ist, wenn die chemische Verwandtschaft sich nicht unter der Herrschaft der Lebenskraft befindet, ein Proceß, der sich auch auf künstlichem Wege hervorrufen läßt, wobei ebenso die organischen Verbindungen auf eine tiefere Stufe (s. §. 179) zurückgeführt werden.

Sobald aber die Keimung weiter vorgeschritten und der Keim oder überhaupt die entwicklungsfähige Anlage des Samens oder der Spore an die Luft und das Licht gelangt, gewinnt die Lebensthätigkeit die Oberhand und es treten die Umwandlungen der Stoffe in aufsteigender Ordnung ein, wie wir sie überhaupt in dem regen, normalen Pflanzenleben beobachten. Die dünnen Samenlappen der eiweißhaltigen Samen zeigen sich sogleich bei der Keimung in ihrer wahren Bedeutung, als Blätter, denen schon, wie den folgenden Blättern, die wichtige Rolle der Assimilation vermöge des atmosphärischen Processes zukommt, und ihnen entsprechen in der Funktion die grünen Vorkeime der kryptogamischen Gefäßpflanzen und der doppelgeschlechtigen Zellenpflanzen. Die dicken, fleischigen Samenlappen der eiweißlosen Samen dagegen, deren wahres Wesen durch ihren Bau schon mehr verhüllt ist, erheben sich auch in der Regel nicht so ganz zur Funktion der höhern Blätter, sondern stehen darin dem Eiweißkörper näher, den sie offenbar zu ersetzen haben. Hier kann erst nach der Entfaltung der Blätter der folgenden Blattkreise (des Keimknöspchens) durch diese die vollständige Assimilation des rohen Saftes geschehen. Darum sind auch die dicken Samenlappen mit einem solchen Vorrathe von Nahrungsstoffen versehen, welcher hinreicht, die Keimpflanze bis zur Entfaltung der Blätter des Knöspchens zu ernähren.

So kann nun im ganzen pflanzlichen Organismus, so gut wie in dem thierischen, ein Organ der Stellvertreter eines andern seyn, und wie wir die dicken Samenlappen die Stelle des fehlenden Eiweißkörpers ersetzen sehen, so kann auch die Verrichtung der Samenlappen durch andere Theile des Keimes übernommen

werden. Deßwegen können in den Samen mancher Pflanzen die Samenlappen ganz fehlen oder nur sehr unvollkommen ausgebildet seyn, wo dann aber in der Regel das Stengelchen des Keimes um so mehr entwickelt und zur ersten Ernährung des Pflänzchens bestimmt ist, wie bei den Flachsseiden (Cuscuta) und manchen Fackeldisteln (Cactus). So sehen wir bei fehlender Grundwurzel in sehr vielen Fällen den unterirdischen Stamm die Funktionen der Hauptwurzel übernehmen, in andern Fällen aber auch den oberirdischen Stamm oder seine Aeste ganz die Stelle der Blätter vertreten, welchen diese dann auch häufig schon in ihrer äußern Bildung ähnlich sehen, wie bei vielen Fackeldisteln, bei manchen Phyllanthus- und bei den Mäusedorn-Arten (Ruscus); ja sogar die Blätter können die Verrichtungen des Wurzelstammes versehen, wie bei den zwiebeltragenden Pflanzen, wo die dicken, oft zu einer festen Masse zusammengewachsenen Zwiebelschalen in ihrem Zellgewebe die Nahrungsvorräthe für die künftigen Triebe absetzen und damit die leztern bei ihrer Entfaltung so lange versorgen, bis dieselben selbst ihre Nahrung zuzubereiten im Stande sind.

Die veränderte Funktion steht zwar immer mit der Formabänderung der Organe in Beziehung, ist jedoch nicht immer ihrer morphologischen Bedeutung entsprechend. Während wir z. B. die gefärbten Deckblätter, die Blüthendecken, Staubgefäße, Pistille und Samenhäute nur als verschiedene Stufen einer von unten nach oben fortschreitenden Metamorphose der grünen Stammblätter erkannt haben, sind dieselben in ihren Funktionen von den leztern und unter einander selbst sehr abweichend. Wir müssen daher bei einem jeden Pflanzenorgane seine physiologische Bedeutung von der morphologischen wohl unterscheiden, und wir können nie aus der physiologischen Verrichtung eines Organes allein auf das eigentliche Wesen desselben schließen. Wenn wir auch Behufs der leichtern Uebersicht die Organe der Pflanzen von dem physiologischen Gesichtspunkte aus in die der Ernährung, der Vermehrung und der Fortpflanzung abgetheilt haben, so hat uns doch die Metamorphosenlehre gezeigt, daß die Organe der beiden leztern Abtheilungen eigentlich nur die mannigfach veränderten Grundorgane der ersten Abtheilung darstellen, und daß wir vom morphologischen Gesichtspunkte aus

eine andere Eintheilung treffen müssen, wie dieses auch von Roeper*) geschehen ist, welcher alle stengelartigen Theile (den Stamm sammt seinen Aesten) als das Centralsystem oder die Achse, und die Blätter im weitern Sinne als die Organe der Pflanze betrachtet. Daß aber selbst diese Achse sich aus der Verwachsung der Blätterbasen ableiten lasse, demnach das Blatt das Grundorgan der ganzen Pflanze darstelle, ist schon früher (I, S. 461 u. 462) angedeutet worden, und wir haben nicht weit nach solchen Stammformen in den verschiedenen Klassen des Gewächsreiches zu suchen, die von ihrer Keimung an in ihrer successiven Entwicklung und Ausbildung verfolgt, die Belege zu dieser Ansicht liefern**).

Wenn aber auch die Veränderung der Funktionen die morphologische Bedeutung der Organe nicht aufzuheben vermag, so wird doch die Metamorphose der Pflanzentheile durch die erhöhte oder geschwächte Lebensthätigkeit auf vielfache Weise modificirt. Viele Pflanzen, welche im wilden Zustande auf magerem Boden Dornen tragen, haben auf besserem Boden keine Dornen, nicht weil sie dieselben verlieren, sondern weil die im wilden Zustande zu Dornen verkümmerten Aeste, bei einer reichlichern Ernährung in vollkommene, beblätterte Zweige sich ausbilden, wie wir dieses bei den kultivirten Pflaumen- und Aepfelbäumen und selbst bei dem Schlehendorn sehen, wenn er in schattigem Stande auf gutem Waldboden wächst. Bei manchen sogenannten stengellosen Pflanzen (Carlina acaulis, Cnicus acaulis, Gentiana acaulis, G. verna u. a. m.), deren untereinander verschmolzenen Blätterbasen bei kärglicher Nahrung, auf einem mageren Boden sich nicht verlängern, sondern dicht übereinander gedrängt bleiben und dadurch den kurzen, fast ganz in die Erde versenkten Strunkel bilden, strecken sich diese Blätterbasen auf einem bessern Erdreiche zu größeren Interfoliartheilen, und es erhält dadurch die Pflanze einen über den Boden

---

*) *Joannes Roeper*, de organis plantarum. Basil. 1828.

**) Es ist hier namentlich an die krautigen Farne mit schiefem oder senkrechtem Stocke (z. B. Aspidium Filix mas, Struthiopteris germanica), zu erinnern, wo die Entstehung des Stockes, aus den verwachsenen Blattstielbasen sich sehr klar vor Augen stellt, wenn wir diese Pflanzen von der Keimung an beobachten.

sich erhebenden Stengel. Zu diesen durch die verschiedene Lebensthätigkeit hervorgerufenen Modifikationen gehört ganz besonders auch die Entstehung der gefüllten Blumen, der krausen Blätter, der fleischigen Wurzeln, Stengel, Blattnerven und so mancher andern, durch die Kultur hervorgebrachten Umänderungen der Pflanzentheile, wodurch diese häufig ihre ursprüngliche physiologische Bestimmung, nie aber ihre eigentliche morphologische Bedeutung verlieren können.

Wir haben zwar bei allen Verrichtungen der Pflanzen gesehen, daß die Lebensthätigkeit im Allgemeinen durch den verschiedenen Einfluß der Wärme und des Lichtes erhöht oder vermindert werde, und wir werden daher auch in der periodischen Zunahme und Abnahme dieser äußern Potenzen einen wichtigen Grund der allenthalben im Pflanzenreiche wahrnehmbaren Periodicität der Lebenserscheinungen nicht verkennen. So fanden wir im Allgemeinen den täglichen Wechsel im Wachen und Schlaf der Pflanzen von der regelmäßigen Aufeinanderfolge von Tag und Nacht abhängig; wir sahen aber auch, daß manche Pflanzen darin von der Regel abweichen, daß die höchste Entwicklung ihrer Lebensthätigkeit, das Blühen und Befruchtungsgeschäft, gerade in die Nacht fällt, während bei vielen andern diese Verrichtungen in den frühen Morgenstunden und am Abende stattfinden, wo der Einfluß der Wärme und des Lichtes vermindert sind.

Eben so wirkt die im Frühling wiederkehrende Zunahme der Wärme augenscheinlich auf die Keimung der im Spätherbste ausgestreuten Samen, so wie auf die vermehrte Einsaugung durch die Wurzeln und das Ausschlagen der Knospen ein; aber wir sehen auch die Knollen der Kartoffeln, die den Winter über in Kellern aufbewahrt worden, deren Temperatur sich im Frühling wenig verändert und wo die Lichteinwirkung keine merkliche Zunahme erhält, um diese Zeit ihre Knospen entfalten, so wie auch die in unsern Treibhäusern gehaltenen Pflanzen, welche das ganze Jahr hindurch einer gleichmäßigen Wärme und dem Einfluß des Tageslichtes ausgesezt bleiben, die Zeit der Entfaltung ihrer Knospen ziemlich regelmäßig einhalten. Daraus müssen wir dann den Schluß ziehen, daß der periodische Wechsel der Lebenserscheinungen in einer innern Anlage des pflanzlichen Organismus

selbst seinen ersten Grund habe und daß die äußern Potenzen darauf nur modificirend einwirken. Es wird daher auch bei einer anhaltend rauhen Frühlingswitterung die vermehrte Wurzeleinsaugung und die Entfaltung der Knospen, wenn gleich später als bei mildem Frühlingswetter eintreten.

Von der Frühlingsperiode, von dem Keimen und Ausschlagen der Knospen gibt es ferner bis zum Herbste keine festen Zeitabschnitte für die Lebenserscheinungen in Bezug auf das gesammte Pflanzenreich; das Keimen, die Entfaltung der Knospen, das Blühen und die Fruchtreife erfolgen bei den verschiedenen Pflanzenarten zu so verschiedenen Zeiten, daß man von einer bestimmten Periode dieser Verrichtungen nur in Bezug auf die einzelnen Pflanzen sprechen kann. So fällt das Blühen vieler mit einem Holzstamme versehenen Gewächse in den ersten Frühling und tritt oft noch vor dem Ausschlagen der Blätter ein, wenn sie nämlich ihre Blüthen aus den ältern Trieben bringen (wie die Weiden, der Schlehendorn), während andere erst gegen den Anfang des Sommers blühen (der Weinstock, die zahme Kastanie), oder gar erst im Herbste zur Blüthe kommen (der Epheu). Die einjährigen und zweijährigen Pflanzen, deren Stengel sich vom Frühling an erst bilden muß, haben häufig eine spätere Blüthezeit, eben so die perennirenden oder Staudengewächse, deren Blüthen zum Theil erst im Spätsommer und gegen den Herbst zum Vorschein kommen (wie die ausdauernden Aster und viele andere Korbblüthigen). Es ist jedoch nirgends eine feste Regel in dem Verhältnisse der Blüthezeit zu der Dauer der Pflanzen wahrzunehmen, denn auch unter den ein- und zweijährigen kommen manche schon im ersten Frühling zum Blühen, wie das frühe Hungerblümchen (Draba verna), die Thal'sche Rauke (Sisymbrium Thalianum), das gebräuchliche Löffelkraut (Cochlearia officinalis), und unter den perennirenden gehören, wie bekannt, die Veilchen und das Frühlingsfingerkraut (Potentilla verna) ebenfalls zu den Vorläufern der neuerwachenden Flora. Eben so verschieden ist die Periode der Fruchtreife, nach welcher die ein- und zweijährigen Pflanzen ganz ausgehen, die Stauden aber bis auf die unter dem Boden befindlichen Theile absterben, während der Stamm der Bäume und Sträucher auch über der Erde

bleibt und diesen Kreis der Lebensverrichtungen alljährlich wiederholt. Wir können daher nur sagen, daß vom Frühling bis zum Herbste das ganze Pflanzenleben in seiner größten Thätigkeit sich zeige, daß die Lebensthatigkeit im Allgemeinen vom Frühling gegen den Sommer hin sich steigere und dann gegen den Herbst allmälig bis zur Winterruhe wieder herabsinke. Unter dieser Ruhe im Winter ist aber, wenigstens bei Gefäßpflanzen, kein absoluter Stillstand der Lebensverrichtungen zu verstehen, sondern nur eine in hohem Grade eintretende Herabstimmung der vegetativen Thätigkeit, indem dann die Einsaugung durch die Wurzeln, die Bewegung des Saftes in dem Stamme und die Ausdünstung sehr wenig bemerklich sind. Bei Zellenpflanzen kann dagegen ein wirklicher Stillstand aller Lebensthätigkeit eintreten, was jedoch nicht gerade im Winter, sondern vielmehr im hohen Sommer geschieht, wo diese Pflanzen oft so völlig durch die Sonnenhitze ausgedorrt erscheinen, daß sie durchaus keine der vegetativen Funktionen auszuüben vermögen, so daß von diesen Gewächsen in Bezug auf die Lebensthätigkeit gerade das Umgekehrte gilt, indem dieselbe bei ihnen vom Herbste bis zum Frühling im Steigen, von da an aber bis zum Sommer im Sinken begriffen ist, und endlich im hohen Sommer einen völligen Stillstand erleiden kann, wenn nicht durch erfrischende Regen zuweilen die Pausen ihres Wachsthums unterbrochen werden.

Was endlich die wirkliche **Lebensdauer** der Pflanzen betrifft, so ist diese bei Gewächsen verschiedener Art äußerst verschieden. Sie richtet sich zwar in vielen Fällen nach dem zärtern oder festern Bau der Theile im Allgemeinen, nach der größern oder geringern Neigung der Zellenmasse in den verholzten Zustand überzugehen und besonders nach der Fähigkeit oder Unfähigkeit der Pflanze, einen hinreichenden Vorrath von Nahrungsstoffen in den dazu bestimmten Organen anzusammeln, um für eine nächste Wachsthumsperiode bis zur Entfaltung der neuen Triebe zur Fristung des Lebens auszureichen; aber den ersten und allgemeinen Grund der verschiedenen Lebensdauer können wir, wie bei den mannichfaltigen Lebenserscheinungen überhaupt, nur von einer bestimmten innern Naturanlage ableiten. So gibt es viele Pflanzen, welche nur einmal im Stande sind, Früchte

zu tragen und dann nach der Fruchtreife absterben. Von diesen bringen manche schon in dem Sommer oder Herbste des nämlichen Jahres, in welchem sie keimten, ihre Blüthen und Früchte, sterben dann vor dem Eintritte des Winters mit Stamm und Wurzel völlig ab und werden deßwegen einjährige Pflanzen genannt, obgleich dieselben nie die Dauer eines ganzen Jahres haben. Von andern, deren Samen bald nach ihrem Ausstreuen noch im Spätsommer und Herbste gekeimt haben, erhält sich die junge Pflanze den Winter hindurch bis zum nächsten Frühling, treibt dann ihre Stengel, Blüthen und Früchte und geht nach der Reife der leztern, im Laufe des Sommers oder Herbstes desselben Jahres, ebenfalls völlig mit Stamm und Wurzel aus; diese sind die zweijährigen Pflanzen, nicht deßwegen so genannt, weil sie zwei volle Jahre durchleben, sondern nur weil ihre Keimung und ihr Tod in zwei verschiedene Jahre fallen. Die geringste Zahl der Pflanzen, welche nach ihrem ersten Fruchttragen sterben, durchleben von ihrer Keimung an mehrere volle Jahre, bevor sie zur Blüthe und Fruchtreife gelangen und dann dem Tode anheimfallen. Dahin gehört die amerikanische Agave, welche in ihrem Vaterlande, dem tropischen Amerika, im vierten oder fünften Jahre blüht und Früchte bringt, dagegen in unsern Treibhäusern 50 bis 100 Jahre alt werden kann, bevor sie zum Blühen und Fruchttragen gelangt und in deren Folge abstirbt. Dieses Beispiel zeigt uns, daß die normale Lebensdauer der nur einmal blühenden und fruchtbringenden Pflanzen durch klimatische Verhältnisse sehr modificirt werden könne. Es sind aber nicht blos diese Verschiedenheiten des Klimas, welche auf die frühere oder spätere Erzeugung der Blüthen und Früchte und dadurch auf die kürzere oder längere Lebensdauer dieser Pflanzen einwirken, sondern diese Dauer wird auch noch durch manche andere äußere Einflüsse beschränkt oder ausgedehnt. Einjährige Pflanzen, welche noch im Herbste nach ihrer Fruchtreife keimten und die Winterkälte auszuhalten vermögen, werden dadurch zu zweijährigen Pflanzen, und viele einjährigen sind seit undenklichen Zeiten durch die Kultur wirklich zur zweijährigen Dauer gebracht worden, wie die verschiedenen Arten des Wintergetreides, welche alle ursprünglich einjährige Gewächse waren, während umgekehrt ursprünglich zweijährige Pflanzen durch die Kultur

in einjährige umgewandelt wurden, wie der Rübenkohl (Brassica Rapa) und Repskohl (Br. Napus), welche, sich selbst überlassen, nach dem Ausfallen der Samen im Herbste noch keimen und im folgende Jahre ihre Früchte bringen, aber im Frühling gesäet zur einjährigen Pflanze (zum Sommer-Reps) werden. So kann noch bei manchen andern Pflanzen der Eintritt der Blüthe und Fruchtreife verzögert oder beschleunigt und damit die Lebensdauer verlängert oder verkürzt werden. Es ist bekannt, daß man die ursprünglich einjährige Gartenreseda (Reseda odorata), wenn man ihr reichliches Blüthentragen verhindert und dieselbe vor der Winterkälte schüzt, zu einem mehrere Jahre dauernden Halbstrauche heranziehen kann. Eben so können einjährige Pflanzen zu einer mehrjährigen Dauer gebracht werden, wenn sie durch die Kultur völlig gefüllte Blüthen erhalten und in deren Folge gar keine oder nur verhältnißmäßig wenige Samen tragen, wie die gefüllten Levkojen, welche von der einjährigen grauen und griechischen Matthiole (Matthiola incana *R. Br.* und M. graeca *Sweet.*) abstammen. Von den Samen des gemeinen Bilsenkrautes (Hyoscyamus niger) keimt ein Theil nach ihrer Reife noch im Herbste, und dann ist die Pflanze zweijährig, kräftiger, mit einem ästigen Stengel und dunkler purpurroth-gezeichneten Blumen versehen; ein anderer Theil der Samen kommt aber erst im folgenden Frühling zur Keimung, und die daraus hervorgehenden Pflanzen sind einjährig, ihre Stengel niedriger, einfach, die Blüthen mit einem minder gesättigten Purpurroth gezeichnet oder auch ganz einfarbig bleichgelb, wornach man unrichtiger Weise zwei verschiedene Arten (Hyoscyamus agrestis und H. pallidus *Kit.*) hat unterscheiden wollen.

Bei allen ein- und zweijährigen Pflanzen sehen wir also, daß die Fruchtreife ihrer Lebensdauer ein Ziel sezt und zwar offenbar deßhalb, weil zur Ernährung und Ausbildung der Samen alle Nahrung, welche die Pflanze zu bereiten vermag, so vollständig aufgezehrt wird, daß kein Vorrath für eine neue Wachsthumsperiode übrig bleibt. Die Mittel, welche zur Verlängerung des Lebens dieser Pflanzen angewendet werden können, zielen daher alle dahin ab, die Blüthen- und Fruchtbildung zu verzögern, weil dadurch die Nahrung zum fernern Wachsthum

(zum blos vegetativen Fortbestehen) erhalten wird. Obgleich daher die Fruchtbildung als das Lebensziel und die nächste Ursache der völligen Erschöpfung dieser Gewächse erscheint, so können wir dieselbe doch nicht als den ersten Grund der Lebensdauer oder gar (mit De Candolle) als eine zufällige, bei der nämlichen Pflanzenart beständig wiederkehrende Krankheit*) betrachten. Es muß eine im ganzen Organismus dieser Pflanzen tief begründete innere Bestimmung seyn, in deren Folge eine völlige Erschöpfung mit Beendigung der ersten Fruchtreife eintritt, die sich nur durch (künstliche oder natürliche) Beschleunigung und Verzögerung der leztern zugleich früher herbeiführen oder weiter hinausschieben läßt.

Von den nur einmal blühenden und fruchttragenden Pflanzen unterscheiden sich die übrigen Gewächse dadurch, daß sie mehrere Jahre nacheinander wiederholt Blüthen und Früchte bringen können, ohne nach der Fruchtreife völlig abzusterben. Unter diesen gibt es viele, deren Stengel krautartig bleiben und nach der Fruchtreife jedesmal, so weit sie über dem Boden befindlich sind, ausgehen, während die Wurzel und die unterirdischen Stengelbasen am Leben bleiben; es sind die perennirenden Pflanzen oder Stauden. Bei andern aber dauert der Stamm, welcher meist schnell in Verholzung übergeht, auch über der Erde aus, und zu diesen gehören die Bäume und Sträucher, von welchen man noch die Halbsträucher unterscheidet, deren jährliche Triebe zum Theil nicht völlig verholzen und darum mit dem Eintritt der Frostkälte absterben, wo also nur die ältern völlig verholzten Theile des oberirdischen Stammes ausdauern.

Die perennirenden Pflanzen stehen demnach zwischen den ein- und zweijährigen Gewächsen oder den Kräutern und den Bäumen und Sträuchern gleichsam in der Mitte, da ihre Stengel über der Erde, nachdem sie einmal geblüht und Früchte getragen, wie bei jenen, absterben, ihr unterirdischer Theil aber,

---

*) *De Candolle*, Physiologie végétale, II, p. 974. — Ein Akt, der sich hier so deutlich als vorausbestimmter höchster Zweck des Pflanzenlebens darstellt, kann doch wahrlich nichts Zufälliges, am wenigsten aber eine Krankheit seyn, deren Begriff selbst schon eine Veränderung oder Störung des normalen Gangs der Lebensthätigkeit in sich faßt.

wie bei den leztern, viele Jahre am Leben bleibt und das Vermögen beſizt, fortwährend neue Triebe über dem Boden zu treiben und ſich ſo alljährlich zu verjüngen. Die perennirenden Pflanzen müſſen alſo, ihrer Natur nach, eine völlig unbegrenzte Dauer haben, da ſie durch das Blühen und Fruchttragen nicht erſchöpft werden, ſondern im Stande ſind, daneben jährlich noch in ihren unterirdiſchen Theilen ſo viele Nahrungsſtoffe anzuhäufen, daß dieſelben zur Bildung und Ernährung der Triebe einer nächſtfolgenden Wachsthumsperiode ausreichen. Bei dieſem langen Fortbeſtehen unter dem Boden ſehen wir aber doch nur in jenen Fällen wirklich die urſprüngliche, von dem Keime des Samens herrührende, Pflanze unter dem Boden ausdauern, wo die Stammwurzel zugleich am Leben bleibt, wie bei dem Schöllkraute (Chelidonium majus), dem Alpenklee (Trifolium alpinum), dem Märzveilchen u. a. m.; in allen andern Fällen aber, wo die vom Keime herrührende Hauptwurzel verſchwindet, oder wo von Anfang an keine wahre Grundwurzel vorhanden war, wie bei allen kryptogamiſchen Gefäßpflanzen, bei Monokotyledoneen und vielen Dikotyledoncen (Labiaten, Gnadenkraut, Abbiß-Scabioſe u. ſ. w.), ſind es immer nur die ſpäter entſtandenen Triebe, durch welche das geſammte Pflanzen-Individuum fortlebt, indem hier die unmittelbar von der Keimpflanze herrührenden, ſammt den aus dieſen hervorgegangenen frühern Trieben allmälig abſterben, ſo daß dieſe Pflanzen nur in einer fortwährenden Verjüngung, nicht aber in ihren urſprünglichen Theilen fortdauern. Hier erſcheint alſo der Geſammtorganismus ganz beſonders deutlich als ein aus verſchiedenen Individuen zuſammengeſeztes Ganzes, und ſtellt ſich die Pflanze als ein Geſammtindividuum dar, deſſen einzelne Theile zugleich die Anlage zur ganzen Pflanze in ſich ſchließen. Daher ſehen wir auch an den verzweigten, einer Grundwurzel entbehrenden, ausdauernden Stämmen perennirender Pflanzen jeden Aſt, welcher durch das von den ältern nach den jüngern Theilen vorſchreitende Abſterben vom Geſammtindividuum getrennt und ſonach frei wurde, für ſich fortbeſtehen und eine ſelbſtſtändige Pflanze darſtellen, und in ſofern läßt ſich ein ſolcher Aſt in phyſiologiſcher Beziehung ganz gut mit einer vor ihrer Entfaltung ſich ablöſenden Brutknoſpe und ſelbſt mit einem Samen oder einer

Spore in Parallele stellen, von welchen er sich nur dadurch unterscheidet, daß er erst geraume Zeit nach seiner Entfaltung von der Mutterpflanze getrennt wird. Wir können dann aber auch umgekehrt mit demselben Rechte die Samen und Sporen mit den verjüngenden Trieben der perennirenden Pflanzen vergleichen und hiernach annehmen, daß durch sie eben so die ein- und zweijährigen Pflanzen fortwährend sich verjüngen, nur mit dem Unterschied, daß die Mutterpflanze schon vor der Entfaltung der in den Samen und Sporen enthaltenen Anlage zu neuen Trieben untergeht. Hiernach können wir, nach dem Begriffe der perennirenden Pflanzen ohne Grundwurzel, von einem höhern Gesichtspunkte der Physiologie aus, allerdings den Satz aufstellen, daß es für das Pflanzenindividuum im weitern Sinne keine beschränkte Lebensdauer gibt, weil auch die sogenannten ein- und zweijährigen Pflanzen vor ihrem Absterben, durch die Erzeugung von Samen und Sporen, sich bereits verjüngt haben.

Der Unterschied der perennirenden Pflanzen von den ein- und zweijährigen liegt also hauptsächlich in dem gleichzeitigen Fortbestehen der Mutterpflanze oder deren ältern Theile mit den jüngern, unter dem Boden gleichfalls am Leben bleibenden Trieben. Dadurch geschieht es, daß wir in diesen Gewächsen vorzugsweise den Typus einer unbegrenzten Lebensdauer zu erblicken gewöhnt sind, weil, bei der ununterbrochen fortgehenden Verjüngung und dem bleibenden Zusammenhange der lezten Triebe mit den zunächst vorhergehenden, die einmal vorhandene Pflanze unmittelbar fortzubestehen scheint, obgleich in sehr vielen Fällen schon nach mehreren Jahren von der ursprünglich vorhandenen Pflanze nichts mehr übrig ist. Wie nun aber auf der einen Seite die Lebensdauer solcher perennirenden Pflanzen, wenn keine störenden äußeren Einflüsse statt finden, außerordentlich lang, ja ohne alle Grenzen seyn müsse, leuchtet aus dem darüber Gesagten ein, und Niemand möchte es wohl unternehmen wollen, das Alter eines kräftigen Tischlerschaftthalmes (Equisetum hiemale) oder eines Rohrschilfes (Phragmites communis) an den Ufern des Rheins, so wie eines Sandriedgrases (Carex arenaria) oder eines Strandgrases (Elymus arenarius) auf den Sandfeldern und Dünen der Nordküste Deutschlands, nur annähernd zu bestimmen, da diese Pflanzen der Möglichkeit nach

so alt seyn können, wie der Boden selbst, der sie trägt. Auf der andern Seite können aber auch äußere Einflüsse die Dauer perennirender Pflanzen sehr beschränken. So sind die in Südamerika einheimischen und dort perennirenden Wunderblumen (Mirabilis) in unsern Gärten einjährig geworden, weil ihre dicken, fleischigen Wurzeln im Freien die Winterkälte nicht auszuhalten vermögen und daher mit dem Eintritt des Frostes jedesmal absterben; und so gibt es noch viele Stauden, die in einem kältern Klima schon im ersten Jahre ausgehen und dabei nicht einmal, wie die genannten, zuvor noch zur Fruchtreife gelangen. Ueberhaupt bringen nicht alle perennirenden Pflanzen, selbst unter den ihrer Entwicklung vollkommen günstigen Verhältnissen, schon in ihrem ersten Lebensjahre Blüthen und Früchte; unsere Lerchensporn-Arten mit knolligen oder zwiebelartigen Stämmen (Corydalis bulbosa, C. tuberosa *De C.*) treiben in den fünf oder sechs ersten Jahren nach ihrer Keimung nur Blätter und Stengel, welche ohne zu blühen absterben, und erst nach dieser Zeit kommen endlich blüthen- und fruchttragende Stengel über den Boden hervor. Eben so erreichen die unterirdischen Stöcke der einheimischen Farne immer erst ein Alter von mehreren Jahren, bevor sie mit Früchten versehene Blätter bringen.

Während die perennirenden Pflanzen alljährlich ihre jüngsten Triebe über der Erde einbüßen und zum Theil selbst ihr unteres, älteres Ende fortwährend verlieren, behalten die Bäume und Sträucher ihr ganzes Leben hindurch alle zur Pflanzenachse oder zum centralen System (Roeper's) gehörigen Theile über der Erde bei, mit Ausnahme der Spindeln des Blüthenstandes und überhaupt der Blüthen- und Fruchtstiele, welche nur bei einer geringen Zahl fortdauern und selbst wieder neue Triebe erzeugen, wie bei den Melaleuca- und Metrosideros-Arten, oder als erhärtete Dornen fortbestehen, wie bei der dornigen Becherblume (Poterium spinosum). Nur die sogenannten Halbsträucher verlieren auch jährlich wieder einen Theil ihrer jüngsten beblätterten Triebe, weil diese nicht gehörig vor dem Eintritt des Winters verholzen können, wie der gewöhnliche Lavendel (Lavandula Spica *Lin.*) und die Gartensalbei (Salvia officinalis), während unter den wahren Bäumen und Sträuchern viele sogar ihre Blätter den Winter

über behalten und daher immergrüne genannt werden, wie der Epheu, die Tannen, der Wachholder, Lorbeer, Citronen- und Pomeranzenbaum und noch viele andere holzigen Gewächse, zumal der wärmeren Himmelsstriche. Auch gehen in den Tropenländern nicht bei allen Pflanzen mit völlig ausdauerndem Stamme die Aeste so bald in Verholzung über, als bei unsern Bäumen und Sträuchern, weil dort die Triebe auch in ihrem krautigen Zustande der milden Witterung des Winters widerstehen können, und so sehen wir die Aeste und Gipfeltriebe der baum- und strauchartigen Cactus und Euphorbien lange Zeit ihre weiche, fleischige Beschaffenheit beibehalten, ehe sie in den verholzten Zustand übergehen. Aber auch unter den Pflanzen mit verholzendem Stamme gibt es welche, die in einem kälteren Klima in einjährige und demnach krautartige Pflanzen umgeändert werden. Der gewöhnliche Wunderbaum (**Ricinus communis**), welcher in den Tropenländern und selbst schon im nördlichen Afrika einen Baum von der Größe unserer Apfelbäume (über 20 Fuß hoch) bildet, bleibt in unsern Gärten eine zwar über mannshohe, aber doch nur krautige Pflanze, die auch wohl blüht und bis zum Herbste ihre Früchte reift, aber beim Eintritt der kalten Jahreszeit abstirbt. Dieses Absterben nach dem ersten Sommer kann freilich, so wenig wie bei der Wunderblume, als ein durch innere Anlage bestimmtes, wie bei den wirklich ein- und zweijährigen Pflanzen, betrachtet werden, sondern ist offenbar als ein gewaltsamer Tod anzusehen, der überhaupt durch äußere Einflüsse der verschiedensten Art bei allen Pflanzen herbeigeführt werden und daher nie als das normale Lebensziel gelten kann.

Der größte Theil der Holzgewächse (wie wir die Bäume und Sträucher zusammen nennen können) behält auch die ursprüngliche Stammwurzel das ganze Leben hindurch bei, und nur die monokotyledonischen Bäume, welche ihre vom Keime herrührende Hauptwurzel sehr bald verlieren, ferner die Baumfarne, die nie eine wahre Grundwurzel besaßen, können auch unter der Erde von unten herauf absterben, während der oberirdische Stamm unversehrt fortbesteht und in manchen Fällen, wie wir (I, S. 95) erfahren haben, von den starken Luftwurzeln sogar frei über dem Boden getragen wird.

Da die über der Erde ausdauernden Stämme der Holzgewächse mit dem zunehmenden Alter meist eine bedeutende Größe erreichen und überhaupt, dem Auge blosgestellt, in ihren Wachsthums- und sonstigen Verhältnissen sich leichter beobachten lassen, als die unter dem Boden versenkten Stämme der perennirenden Pflanzen, da sie ferner auch meist noch in einem höhern Alter die Abgrenzungen ihrer jährlichen Wachsthumsperioden bis auf die ältesten zurück beibehalten, wornach sich die Zahl ihrer Lebensjahre, wenigstens annährend, bestimmen läßt, so ist zu erwarten, daß wir von den Bäumen und Sträuchern bestimmtere Angaben über das Alter besitzen, welches dieselben erreichen können, als von den perennirenden Pflanzen, und es beziehen sich die Beobachtungen und Nachrichten von einer näher bestimmbaren langen Lebensdauer wirklich nur auf Holzgewächse, und zwar die meisten derselben auf dikotyledonische Bäume, von welchen es Beispiele eines wirklich außerordentlich hohen Alters gibt.

Wenn man bei einem dikotyledonischen Baum einen Querdurchschnitt vergleichen kann, so läßt sich, wie bekannt, das Alter desselben ganz einfach aus der Zahl seiner Jahrringe angeben, wo diese nämlich noch alle vorhanden sind; wenn aber der Stamm hohl ist, oder wenn man keinen vollständigen Querschnitt desselben untersuchen kann, so läßt sich zuweilen doch noch annähernd sein Alter dadurch bestimmen, daß man von einer Anzahl Bäumen derselben Art, deren Alter bekannt ist, den Umfang der Stämme mißt und durch Vergleichung den mittlern Zuwachs nach Jahrzehnten auszumitteln sucht. De Candolle hat*) eine solche vergleichende Zusammenstellung des Zuwachses von mehreren alten Bäumen versucht und zugleich eine Reihe von Beispielen in Bezug auf die lange Lebensdauer mancher dikotyledonischen Bäume mitgetheilt, deren Alter theils durch wirkliche Zählung der Jahrringe, theils aus geschichtlichen Urkunden, theils durch Berechnung des Zuwachses nach Bäumen von einem bekannten Alter ermittelt wurde. Daraus ergibt sich unter andern, daß die gemeine Ulme oder Feldrüster ein Alter von 335 Jahren, der Epheu (Hedera Helix) von 450 Jahren, der Berg-Ahorn (Acer Pseudoplatanus) von 500, die

*) Physiologie végétale, II, p. 975. (Uebersetz. von J. Röper, II, S. 809, u. f.)

Lärche (Pinus Larix) von 576, der Pomeranzenbaum (Citrus Aurantium) von 630, die zahme Kastanie (Castanea vesca) von 626, die morgenländische Platane (Platanus orientalis) von 720 Jahren und darüber, die Ceder (Pinus Cedrus) von 800, die Linde (Tilia grandifolia und T. parvifolia *Ehrh.*) von 1076 bis 1147, die Eiche (Quercus Robur und Q. pedunculata *Willd.*) von 1500, und der Eibenbaum (Taxus baccata) von beinahe 2900 Jahren erreichen können. Daß es aber Bäume gebe, die noch ein weit höheres Alter erreichen, beweist der auf der Westküste von Afrika wachsende Affenbrodbaum (Adansonia digitata). Adanson sah nämlich im Jahr 1757 einen solchen Baum auf einer der Inseln des grünen Vorgebirges, welcher, bei einer Höhe von 73 Fuß, 50 Fuß im Durchmesser hatte. Er fand in seinem Stamme eine Inschrift, die von zwei englischen Reisenden dreihundert Jahre vorher eingeschnitten und mit dreihundert Jahrringen bedeckt war, wieder auf. Dadurch ward es ihm möglich, auszumitteln, um wie viel dieser Baum in drei Jahrhunderten zugenommen hatte. Von dieser Bestimmung, so wie von den, durch die Untersuchung junger Affenbrodbäume, über deren Zuwachs in verschiedenem Alter erhaltenen Resultaten ausgehend, berechnete Adanson das Alter des genannten Baumes auf 5150 Jahre. Er versichert jedoch, in jenem Lande noch dickere Bäume als den erwähnten gesehen zu haben, deren Alter er, nach seinen vergleichenden Untersuchungen, auf etwa 6000 Jahre schäzte. Auch von der virginischen Cypresse (Cupressus disticha *Lin.* oder Taxodium distichum *C. L. Richard.*), welche in den südlichern vereinigten Staaten Nordamerika's und in Mexiko wächst, sind Bäume von außerordentlicher Größe bekannt. Besonders zeichnet sich ein in der Nähe von Oaxaca (in Mexiko) stehender Baum dieser Art durch seine Größe aus, indem derselbe bei einer Höhe von etwa 100 Fuß, unten am Stamme 120 rheinl. Fuß im Umfang mißt, demnach wohl der dickste und vielleicht auch der älteste aller bekannten Bäume ist, da man (nach De Candolle) sein Alter auf 6000 Jahre und darüber anschlagen kann.

Außerdem gibt es aber noch viele Bäume und selbst Sträucher, welche offenbar ein sehr hohes Alter erreichen können. Es scheint

dieſes zwar vorzüglich bei den langſam wachſenden und mit einem feſten Holze verſehenen der Fall zu ſeyn; daß aber doch auch Bäume mit weichem Holze ſehr alt werden können, beweiſen die Linden und eben der Affenbrodbaum, deſſen Holz nicht hart iſt und an den oberflächlich verlezten Stellen leicht mürbe wird.

Das Alter der monokotyledoniſchen Bäume, läßt ſich, da ihr Stamm keine Jahrringe beſizt, durchaus nicht mit Beſtimmtheit ermitteln; denn die Blattnarben, welche als Ringe oder häufiger nur als Halbringe auf den Palmſtöcken vorkommen, können ſchwerlich die Grenzen der jährlichen Wachsthumsperiode bezeichnen, weil man dann annehmen müßte, daß in jedem Jahre nur ein einziges Blatt ſich erzeugt hätte, was aber ſo wenig der Fall iſt, als bei den Baumfarnen, wo, gerade wie bei unſern krautigen Farnen mit einfachem Stocke, jedesmal während einer Wachsthumsperiode mehrere Blätter nacheinander innerhalb der ältern oder vielmehr über denſelben ſich entwickeln. Es wird daher eine Berechnung des Alters ſolcher Stämme aus der Entfernung der ringförmigen alten Blattnarben, verglichen mit der Höhe des Stammes (wie ſie De Candolle verſucht hat), nur höchſt unzuverläſſige Reſultate liefern. Man hat indeſſen Nachrichten, daß auch die Palmen ein Alter von hundert Jahren und darüber erreichen können.

Der älteſte bekannte monokotyledoniſche Baum iſt der große Drachenblutbaum (Dracaena Draco *Lin.*) in dem Städtchen Drotava auf der Inſel Teneriffa, welcher im Jahre 1827, nach dem Berichte von Berthelot*), bei einer Höhe von 70 bis 75 Fuß, am untern Stammende 46½ Fuß im Umfang hatte. Dieſer Baum galt ſchon bei der Entdeckung der Inſel durch die Bethencourt's, im Jahr 1492, für ſehr alt, und nach dem ſehr langſamen Wachsthum der Drachenblutbäume zu ſchließen, ſcheint er, nebſt dem von Adanſon gemeſſenen Affenbrodbaum und der virginiſchen Cypreſſe bei Oaxaca, einer der älteſten Bäume unſerer Erde zu ſeyn**).

---

*) Nova acta physico-medica Acad. Caes. L. C. naturae curios. Vol. XIII, P. 2, p. 776 u. 780. Tab. 37.

**) Der Stamm dieſes koloſſalen Baumes iſt ganz hohl, ſo daß man vermittelſt einer Treppe innerhalb deſſelben bis zu der Stelle

Auf natürlichem Wege und bei ungestörtem Gange des Wachsthums findet bei den Pflanzen kein plötzlicher Tod, sondern nur ein allmäliges Absterben ihrer verschiedenen Theile statt. Die Art dieses Absterbens richtet sich immer nach der Wachsthumsweise der Pflanze und beginnt in der Regel mit den ältesten Theilen. Bei den Zellenpflanzen mit centrifugalem Wachsthum tritt daher der Tod zuerst im Centrum ein und schreitet von da gegen den Umfang fort; bei einem einseitigen Gipfelwachsthum geht das Absterben vom Grunde aus gegen den Gipfel vor sich, und bei dem peripherischen Wachsthum fängt das Absterben in der Achse des Stammes, an dessen Grunde an und schreitet von da nach Außen und nach Oben vor, so daß der Stamm solcher Pflanzen von Innen heraus hohl wird, während sich jedoch bei den ausdauernden, zumal den holzigen Stämmen im Umfange immer noch neue Gefäßbündelkreise und Rindenschichten erzeugen können, in welchen das Leben noch geraume Zeit forbesteht. Auch bei den blos gipfelwüchsigen Pflanzen mit verholzendem Stamme, wie bei den Farnen, tritt ein Hohlwerden des Stammes ein, so daß zulezt nur noch der einfache Gefäßbündelkreis nebst der dünnen Rindenlage übrig bleibt. Durch dieses Absterben der innern Masse verliert der Holzstamm allmälig an Haltbarkeit; er kann endlich, besonders, wenn er einen großen, schweren Wipfel trägt, der Gewalt der Stürme nicht mehr widerstehen und wird dann durch diese häufig seines Wipfels beraubt oder auch selbst über seinem Grunde abgebrochen und niedergeworfen. War derselbe aber mit einer Grundwurzel versehen und ist diese unversehrt geblieben, so kann sie auch wohl neue beblätterte Triebe bringen, die sich wieder zu Stämmen erheben, so daß selbst durch die Windbrüche nicht immer der allgemeine Tod des Gewächses herbeigeführt wird. Eben so kann bei ausdauernden Pflanzen der ganze über dem Boden befindliche Theil durch Frost getödtet werden, ohne daß dadurch jedesmal der Tod der ganzen Pflanze herbeigeführt wird, weil

---

hinaufsteigen kann, wo im Jahr 1819, wie es scheint, durch das zu große Gewicht des Wipfels die Hälfte der Krone abgebrochen ist und wo sich jezt eine freie übermauerte Fläche befindet, auf welcher mehrere Personen Raum finden. Unten am Eingang zu der Treppe ist eine Thüre angebracht.

auch dann die Wurzel, durch ihre unterirdische Lage vor dem schädlichen Einfluß der Kälte geschüzt, dem Verderben widerstehen und neue Triebe erzeugen kann. Wenn aber eine, ihrer Natur nach ausdauernde Wurzel durch irgend einen Zufall Schaden leidet oder in ihrem kräftigen Wachsthum gehemmt wird, so sehen wir bald auch den Stamm leidend werden, wo dann gewöhnlich dessen Absterben mit den jüngsten Trieben beginnt, wie dieses bei den gipfel- oder wipfeldürren Bäumen der Fall ist, welche besonders dadurch entstehen, daß ihre Wurzeln in der Tiefe auf steinigen oder überhaupt auf einen zu magern Boden stoßen, der ihnen nicht mehr die, zur Ernährung des Stammes und seiner Theile erforderlichen, Stoffe bieten kann.

Literatur der Pflanzenphysiologie.

§ 220.

Außer den in diesem Kapitel bereits erwähnten Schriften, wovon sich viele nur über einzelne Lebenserscheinungen oder über einen bestimmten Kreis derselben verbreiten, sollen noch einige genannt werden, welche die Physiologie im weitern Umfange behandeln oder doch auf die Entwicklung dieses Zweiges der Pflanzenkunde einen mehr oder minder bemerkbaren Einfluß ausübten.

Dahin gehören:

Stephan Hales, Vegetable statiks. London 1727 (4).

Davon die französische Uebersetzung:

Hales, La Statique des végétaux et l'analyse de l'air. Ouvrage traduit de l'Anglois par de Buffon. Paris 1735 (4).

Ferner eine deutsche Uebersetzung:

Steph. Hales, Statik der Gewächse. Halle 1748 (8).

Charles Bonnet, Recherches sur l'usage des feuilles dans les plantes. Genève 1754 (4).

Davon mehrere Uebersetzungen:

Karl Bonnet's Untersuchungen über den Nutzen der Blätter bei den Pflanzen, von J. Ch. Arnold. Nürnberg 1762 (4). — Zweite Auflage, nach der neuesten franz. Original-Ausgabe verbessert und mit Zusätzen vermehrt von Ch. Friedr. Boeckh, und zum Druck befördert von Ch. W. J. Gatterer. Ulm 1803 (4).

Du Hamel du Monceau, La Physique des arbres, où il est traité de l'anatomie des plantes et de l'économie végétale. Paris 1758 (4).

Davon die Ueberſetzung:

Du Hamel du Monceau, Die Phyſik der Bäume. Aus dem Franzöſiſchen von L. Ch. Oelhafen von Schöllenbach. Nürnberg 1765 (4).

J. Senebier, Expèriences sur l'action de la lumière solaire dans les végétaux. Genève 1782 (8).

Davon die Ueberſetzung:

J. Senebier's phyſikaliſch-chemiſche Abhandlungen über den Einfluß des Sonnenlichtes auf alle drei Reiche der Natur und auf das Pflanzenreich inſonderheit. Leipzig 1785 (8). 4 Thle.

J. Senebier, Physiologie végétale, contenant une description des organes des plantes et une exposition des phénomènes produits par leur organisation. Genève 1800 (8). 5 Bände.

H. Cotta, Naturbeobachtungen über Bewegung und Funktion des Saftes in den Gewächſen. Weimar 1806 (4).

J. Ch. F. Meyer, Naturgetreue Darſtellung der Entwickelung, Ausbildung und des Wachsthums der Pflanzen und der Bewegung und Funktionen ihrer Safte; mit vorzüglicher Hinſicht auf Holzgewächſe. Leipzig 1808 (8).

D. G. Kieſer, Aphorismen aus der Phyſiologie der Pflanzen. Göttingen 1808 (8).

L. Ch. Treviranus, Beiträge zur Pflanzenphyſiologie. Göttingen 1811 (8).

Enthalten zugleich die Ueberſetzung einer Reihe von Abhandlungen über Pflanzenphyſiologie von Th. Andr. Knight, welche in den Jahren 1801 bis 1808 in den Philosophical Transactions erſchienen ſind.

C. F. Brisseau-Mirbel, Elémens de Physiologie végétale et de Botanique. Paris 1815 (8). 3 Bde.

P. Keith, A system of physiological botany. London 1816 (8). 2 Bde.

K. H. Schultz, Die Natur der lebendigen Pflanze. Erſter Theil, das Leben des Individuums. Berlin 1823. Zweiter

Theil, die Fortpflanzung und Ernährung. Stuttgart und Tübingen 1828 (8).

J. Ch. Hundeshagen, Die Anatomie, der Chemismus und die Physiologie der Pflanzen. Tübingen 1829 (8).

C. A. Agardh, Lärobok i Botanik. Andra Afdelningen: Växt-Biologie. — Auch mit dem besondern Titel: C. A. Agardh, Allmän Växt-Biologie. Malmö 1832 (S).

Davon die Uebersetzung:

C. A. Agardh, Lehrbuch der Botanik. Zweite Abtheilung: Biologie. — Auch unter dem Titel: C. A. Agardh, Allgemeine Biologie der Pflanzen. Mit einer Vorrede von C. F. Hornschuch. Aus dem Schwedischen übersezt von F. C. H. Creplin. Greifswald 1832 (S).

A. P. De Candolle, Physiologie végétale, ou exposition des forces et des fonctions vitales des végétaux. Paris 1832 (S). 3 Bde.

Davon die Uebersetzung:

A. P. De Candolle's Pflanzenphysiologie, oder Darstellung der Lebensverrichtungen der Gewächse. Aus dem Französischen übersezt und mit Anmerkungen versehen von Joh. Röper. Stuttgart u. Tübingen. Erster Band, 1833. Zweiter Band, 1835.

Diese Uebersetzung, mit einer Menge wichtiger Zusätze und Bemerkungen, überwiegt an innerm Werthe das Original bei weitem. Der dritte Band wird noch erwartet.

L. Ch. Treviranus, Physiologie der Gewächse. Bonn 1835 (8).

Davon ist bis jezt nur der erste Band erschienen.

Inhalt.

Zweites Kapitel.

Seite

Von der innern Bildung oder dem anatomischen Bau der Pflanzen und ihrer Theile: Phytotomie.

Erster Abschnitt.

Von dem innern Bau der Elementarorgane §. 97 . . . 3

Zweiter Abschnitt.

Von dem innern Bau der zusammengesezten Organe.

Erster Artikel.

Von dem innern Bau der Zellenpflanzen §. 98 4

Zweiter Artikel.

Von der Oberhaut §. 99 10
Von dem Bau der zur Oberhautbildung gehörigen Nebentheile §. 100 16

Dritter Artikel.

Von dem innern Bau der Gefäßpflanzen.
1. Von dem innern Bau der Wurzel §. 101 . . . 20
2. Von dem innern Bau des Stammes §. 102—106 . . 33
Stamm der Rhizokarpen, Najadeen, Haloragеen und der Gattung Ceratophyllum §. 103 34
Stamm der kryptogamischen Gefäßpflanzen §. 104 . . 36
Stamm der Monokotyledoneen §. 105 40
Stamm der Dikotyledoneen §. 106 50
3. Von dem innern Bau der Vermehrungsorgane §. 107 . 64
4. Von dem innern Bau der Blätter.
Bau des Blattstiels §. 108 66
Bau der Blattscheibe §. 109 74
5. Von dem innern Bau der Blüthentheile §. 110 . . 84
6. Von dem innern Bau der Frucht und des Samens.
Bau der Frucht §. 111 94
Bau des Samens und der Sporen §. 112 . . . 102

Rückblick in Bezug auf die Metamorphose §. 113 . . 111
Literatur der Phytotomie §. 114 114

Drittes Kapitel.

Von den chemischen Bestandtheilen und deren Mischungsverhältnissen in den Pflanzen: Pflanzenchemie.
Begriff und Eintheilung der chemischen Bestandtheile §. 115 116

Seite

Erster Artikel.

Von den entfernten Bestandtheilen oder den chemischen Grundstoffen der Pflanzen §. 116 117
1. Von den nichtmetallischen Grundstoffen §. 117 . . . 117
2. Von den metallischen Grundstoffen §. 118 . . . 119
Leichte Metalle §. 119 120
Schwere Metalle (unedle) §. 120 121

Zweiter Artikel.

Von den nähern Bestandtheilen oder den unorganischen und organischen Verbindungen, welche in den Pflanzen vorkommen §. 121 121
I. Von den unorganischen Verbindungen in den Pflanzen.
1. Von dem Wasser §. 122 123
2. Von den unorganischen Säuren §. 123 123
3. Von den unorganischen Salzbasen §. 124 125
II. Von den organischen Verbindungen in den Pflanzen.
1. Von den organischen Säuren §. 125 128
2. Von den indifferenten organischen Stoffen.
a. Von den schleimigen Stoffen §. 126 134
b. Von den stärkmehlartigen Stoffen §. 127 . . . 136
c. Von den zuckerartigen Stoffen §. 128 139
d. Von dem festen Pflanzengewebe §. 129 . . . 141
e. Von den stickstoffhaltigen, den thierischen Stoffen verwandten Substanzen §. 130 144
f. Von den Farbstoffen §. 131 147
Stickstofffreie extractive Farbstoffe §. 132 . . . 148
Stickstofffreie harzige Farbstoffe §. 133 150
Stickstoffhaltige Farbstoffe §. 134 153
Schwarzer und weißer Farbstoff §. 135 153
g. Von den Pflanzenfetten (fetten Oelen) §. 136 . . 155
h. Von den flüchtigen Oelen §. 137 157
Von dem flüchtigen Riechstoff und der flüchtigen Schärfe §. 138 160
i. Von den Harzen §. 139 161
Von den in der Natur vorkommenden Gemischen der Harze unter einander und mit andern organischen Stoffen §. 140 164
3. Von den organischen Salzbasen und verwandten Stoffen in den Pflanzen §. 141 u. 142 165
Bittere Extractivstoffe §. 145 170

Allgemeiner Ueberblick der chemischen Zusammensetzung der Pflanzen § 144 172
Literatur der Phytochemie §. 145 180

Viertes Kapitel.

Von den Erscheinungen des Pflanzenlebens im normalen Zustande: Pflanzenphysiologie.

Erster Abschnitt.

Von dem Leben der Pflanzen im Allgemeinen §. 146 . . . 182

Erster Artikel.

Von den äußern Bedingungen des Pflanzenlebens §. 147 . . 182
Wärme §. 148 183

Seite

Licht §. 149 186
Elektricität §. 150 192
Atmosphärische Luft §. 151 194
Wasser §. 152 197
Boden §. 153 199
Bleibende Bestandtheile desselben §. 154 . . . 202
Wechselnde Bestandtheile desselben §. 155 . . . 206
Dammerde §. 156 u. 157 208

Zweiter Artikel.

Von den innern Bedingungen des Lebens oder den Eigenschaften der Elementarorgane der Pflanzen §. 158 . . . 216
Unorganische Eigenschaften: Elasticität, Hygroscopicität und Ausdehnbarkeit §. 159 217
Organische Eigenschaft: Erregbarkeit §. 160 . . . 223

Zweiter Abschnitt.

Von den besondern Lebenserscheinungen der Pflanzen oder von den Verrichtungen der Organe.

Erster Artikel.

Von den Verrichtungen der Elementarorgane.
Zellen §. 161 228
Intercellulargänge §. 162 236
Saftgänge §. 163 239
Luftgänge §. 164 242
Gefäße §. 165 244
Punktirte Holzzellen der Zapfenbäume §. 166 . . 249
Oberhaut §. 167 252

Zweiter Artikel.

Von den Verrichtungen der zusammengesezten Organe der Pflanzen.
1. Von der Ernährung §. 168 260
1. Von der Aufnahme der Nahrungsstoffe §. 169 u. 170 . 260
2. Von der Assimilation der aufgenommenen Nahrungsstoffe.
Aufsteigen des Saftes §. 171 269
Ausscheidung wässeriger Flüssigkeiten §. 172 . . . 272
Ausscheidung luftförmiger Stoffe §. 173 . . . 279
Absteigen des Saftes, Umwandlung desselben in Bildungssaft und Cambium §. 174 293
Abgesonderte Säfte (eigener Saft, Milchsaft) §. 175 . 304
(Flüchtige Oele und Balsame, Farbstoffe ꝛc.) §. 176 311
Auswurfsstoffe §. 177 314
Ernährung und Assimilation der Schmarotzerpflanzen §. 178 322
Ueberblick der quantitativen Zusammensetzung der aus der Assimilation hervorgehenden Verbindungen §. 179 . . 526
3. Von dem Wachsthum der Pflanzen §. 180 . . . 529
a. Von dem Wachsthum der Zellenpflanzen §. 181 . . 529
b. Von dem Wachsthum der kryptogamischen Gefäßpflanzen §. 182 331
c. Von dem Wachsthum der einsamenlappigen Pflanzen oder der Monokotyledoneen §. 183 334
d. Von dem Wachsthum der zweisamenlappigen Pflanzen oder der Dykotyledoneen §. 184 337
Wachsthum der Wurzel bei Gefäßpflanzen; Periodicität des Pflanzenwachsthums §. 185 349

	Seite
II. Von der Vermehrung §. 186	353
1. Von der Vermehrung durch Knospen §. 187 . . .	353
Künstliche Vermehrung durch Knospen §. 188 . .	362
Das Okuliren oder Aeugeln §. 189	365
Das Pfropfen §. 190	364
Das Absäugen oder Ablaktiren §. 191	367
Das Impfen mit und auf Wurzeln und mit krautigen Theilen §. 192	368
Einige Resultate der Impfung §. 193	370
2. Von der Vermehrung durch Zwiebeln §. 194 . . .	373
Vermehrung der Zellenpflanzen durch Brutkörner und Brutknospen §. 195	378
3. Von der Vermehrung durch Knollen §. 196 . . .	379
4. Von der Vermehrung durch Lenticellen §. 197 . . .	382
Vermehrung der Moose und Lebermoose durch die Vermittelung der Wurzelhaare §. 198	389
Von der Entfaltung und dem Lebensverlaufe der Blätter.	
Ausschlagen, Färbung, Wachen und Schlafen der Blätter §. 199	390
Herbstlicher Farbenwechsel der Blätter §. 200 . .	399
Von der Entfaltung und den vegetativen Lebenserscheinungen der Blüthen.	
Bildung des Blüthenknopfes §. 201	408
Oeffnen desselben, Blüthezeit (Pflanzenkalender) §. 202 .	409
Periodisches Oeffnen und Schließen der Blüthen (Blüthenuhr) §. 203	415
Färbung und Farbenwechsel der Blüthendecke §. 204 .	418
III. Von der Fortpflanzung §. 205	435
1. Von der Befruchtung §. 206	436
Befruchtungsakt bei phanerogamischen Pflanzen; Aufnahme des Pollens durch die Narbe §. 207 . . .	437
Aufnahme des Befruchtungsstoffes und Zuleitung desselben zu den Eichen §. 208	445
Befruchtung bei kryptogamischen Pflanzen §. 209 . .	450
2. Von der Frucht- und Samenreife.	
Reifung der Fruchthüllen §. 210	454
Reifung der Samen §. 211	464
3. Von der Aussaat §. 212	469
4. Von der Keimung §. 213	478
Von der Keimung der Samen §. 214	481
Keimung der dikotyledonischen Samen §. 215 . .	490
Keimung der monokotyledonischen Samen §. 216 .	495
Von der Keimung der Sporen §. 217	499
Von der ursprünglichen Erzeugung §. 218	507

Rückblick auf die Lebenserscheinungen der Pflanzen in Bezug auf die Metamorphose und die verschiedenen Lebensperioden §. 219	520
Literatur der Pflanzenphysiologie §. 220	542